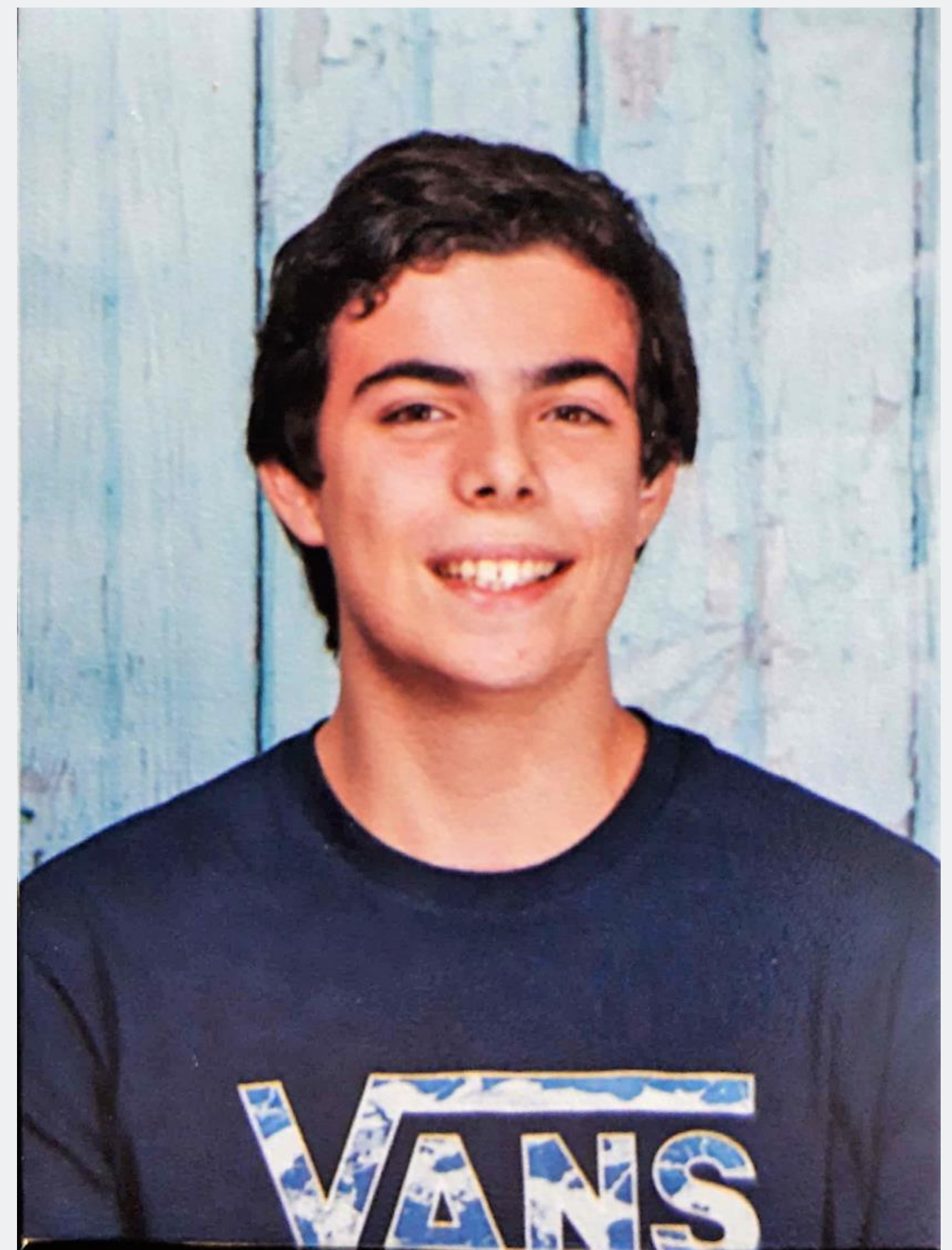


Modelação e Visualização Tridimensional em Arquitectura

20201211



MIGUEL GUIMARÃES CAETANO VENTURA

ÍNDICE

1. Aulas

1. 1.ªAula – Programa, Revisões e Exercício 1

1.1. Exercício de construção de uma **Parábola** 2D e modelação de um **Paraboloide de Revolução**, por rotação da parábola em torno do seu eixo (e).

1.2. Determinação de **Paraboloide Hiperbólico**, por rotação da parábola em torno da sua diretriz (d).

2. 2.ªAula – Tipos de coordenadas, Revisões e Exercício 2

2.1. **Box**

2.2. **Extrude**

2.3. **Tetraedro**

2.4. **Hexaedro**

2.5. **Dodecaedro (Tpc)**

3. .ªAula – Continuação da aula anterior, Exercício 3, relação dual entre sólidos platónicos

3.1. **Octaedro**

3.2. **Dodecaedro**

3.3. **Icosaedro**

3.4. **Relação dual** entre sólidos platónicos

4. .ªAula – Secções Planas de um Cone, Exercício 4

4.1. **Círculo**

4.2. **Elipse**

4.3. **Parábola**

4.4. **Hipérbole**

4.5 **Geratiz**

ÍNDICE

1.Aulas

5. 5.ªAula – Aplicação de funções no Cad, Operações Booleanas, Exercício 5

5.1. Exercício de **definição do código da função Xad e aplicação no AutoCad**

5.2. **Hiperboloide de revolução**

5.3. **Paraboloide de revolução**

5.4. **Operações Booleanas**

6. 6.ªAula – Exercício 6

6.1. **Helicóide – Caso Guggenheim New York**

2. Desenvolvimento do trabalho

1. 1º Entrega (30/03)

Aula 1:

1.Apresentação do programa, exercícios e avaliação.

2.Revisão de alguns comandos iniciais do programa Autocad.

3.Exercício de construção de uma **Parábola** 2D e modelação de um **Paraboloide de Revolução**, por rotação da parábola em torno do seu eixo (e).

4.Determinação de **Paraboloide Hiperbólico**, por rotação da parábola em torno da sua diretriz (d).

Exercício 1. - Superfície Parabólica

1. Revisão de alguns comandos do Autocad: *Line* (L), *PLine* (PL), *Pedit*, *Circle* (C), *Erase* (E), *Text*, *Scale*, *Copy*, *Offset* (O), *Ortho* (ON E OFF), *Matchprop*, *Hatch*, *RevSurf*, *SurfTab*.

2. Exercício de construção de uma parábola e de uma parabolóide de revolução.

- Criação dos layers necessários para o exercício, em Layer, com as propriedades de acordo com o necessário, tal como cores, transparências, entre outras.
- Layer *Texto*(cor 41), *Elemento diretor*(cor 40), *Pontos*(cor 1), *Linhas auxiliares*(cor7), *Parábola*(cor 4), *Superfície parabólica*(cor4).
- Desenham-se a diretriz(d) e o eixo(e), na layer *Elemento diretor*, onde se marca no eixo o foco e o vértice da parábola, identificando os respetivos pontos no layer *Texto* com as suas indicações F e V.
- Na layer *Auxiliares*, desenham-se as linhas de construção da parábola, e determinam-se os pontos de intersecção que definem a parábola. Os pontos são colocados na layer *Pontos*.

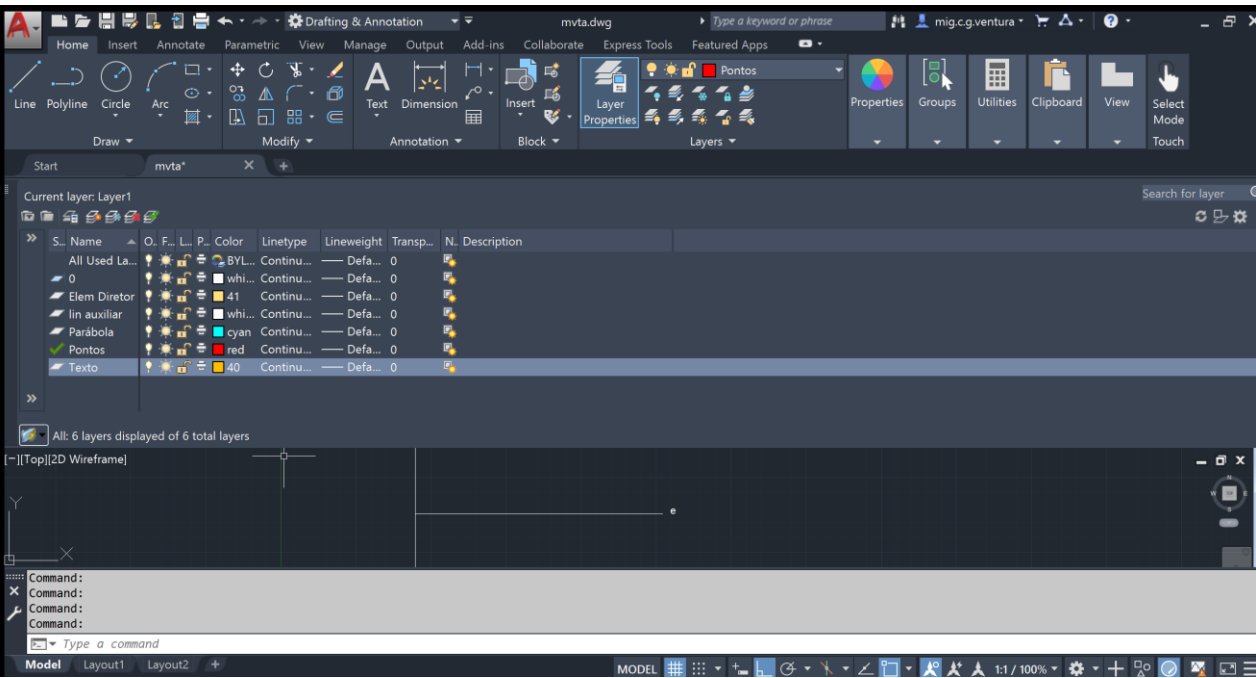


Figura 1: Criação de Layers e aplicação das propriedades necessárias.

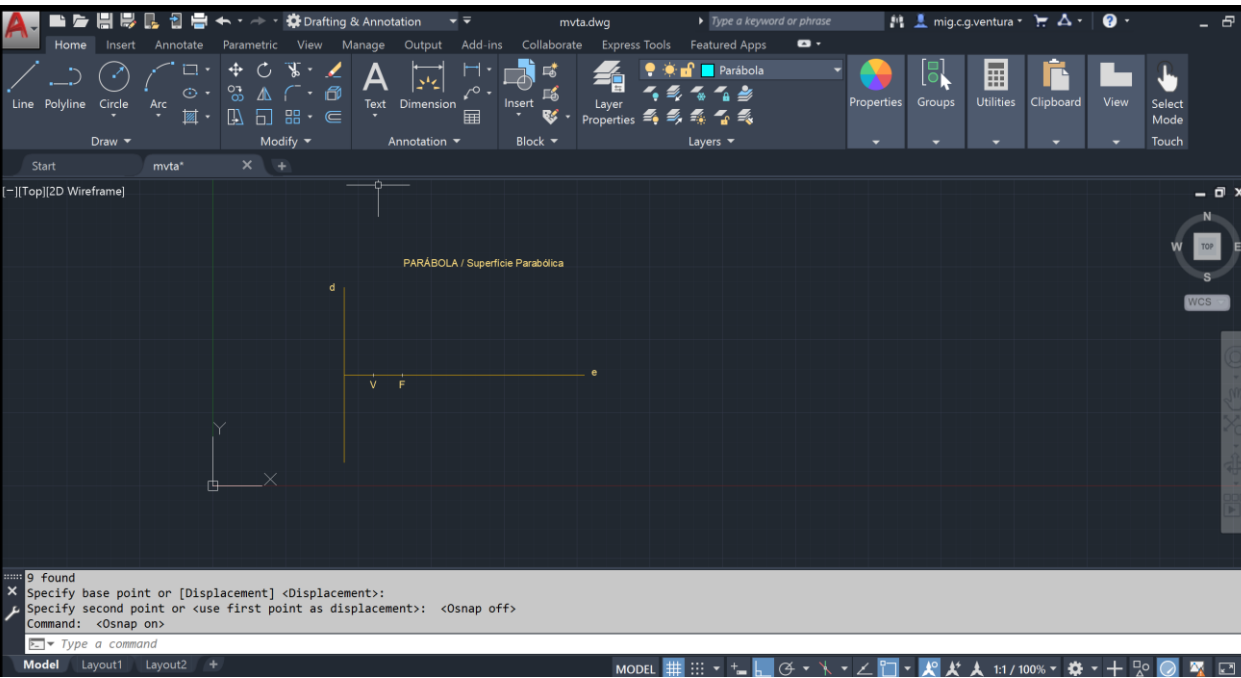


Figura 2: Desenho da diretriz (d) e do eixo (e) e marcação do Foco(F) e do Vértice (V).

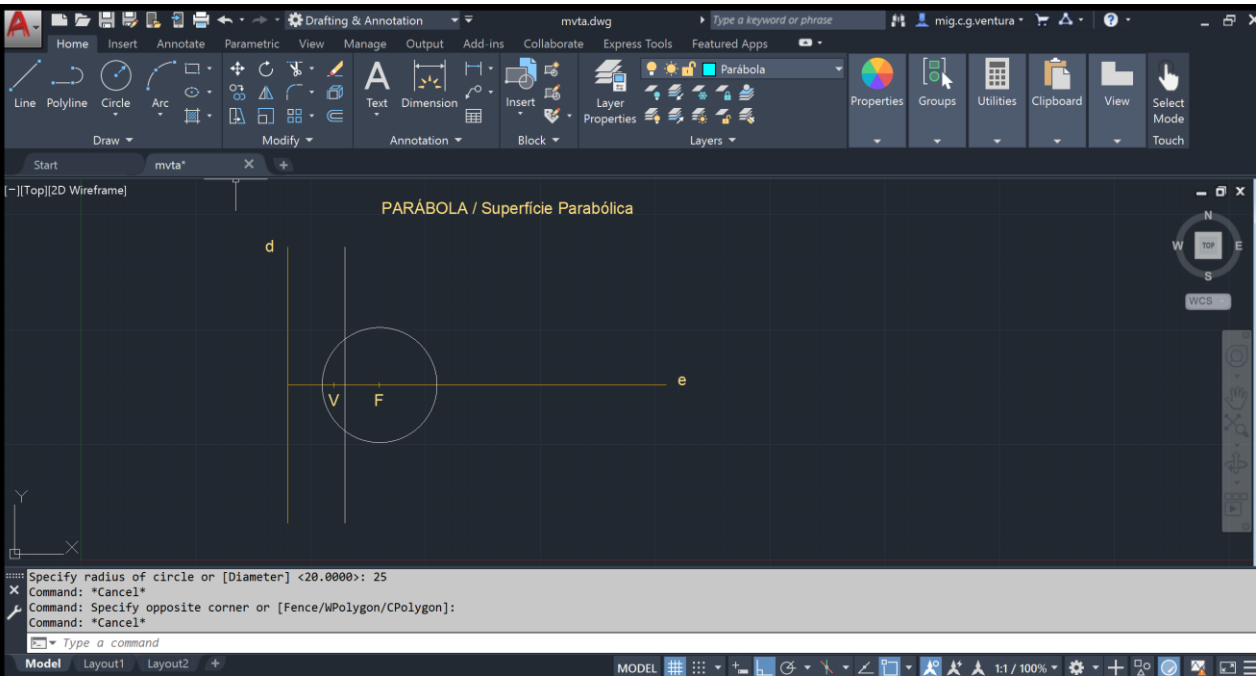


Figura 3: Desenho das linhas de construção da parábola.

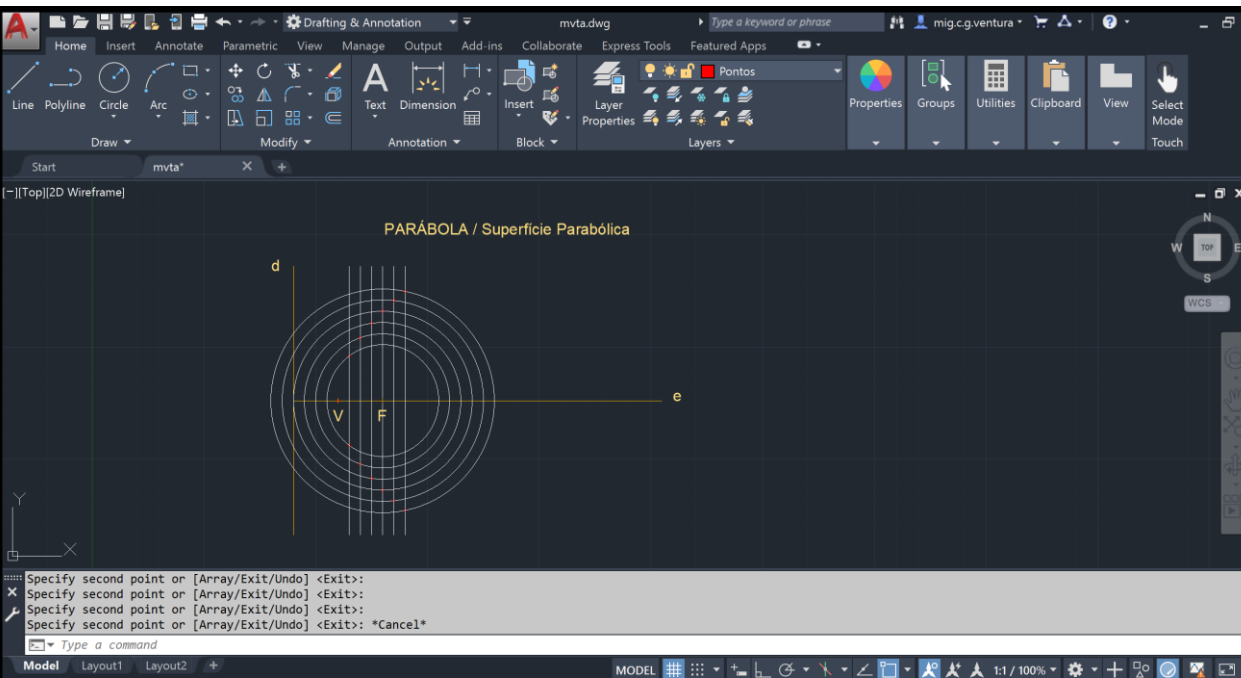


Figura 4: Determinação dos pontos de intersecção que definem a parábola.

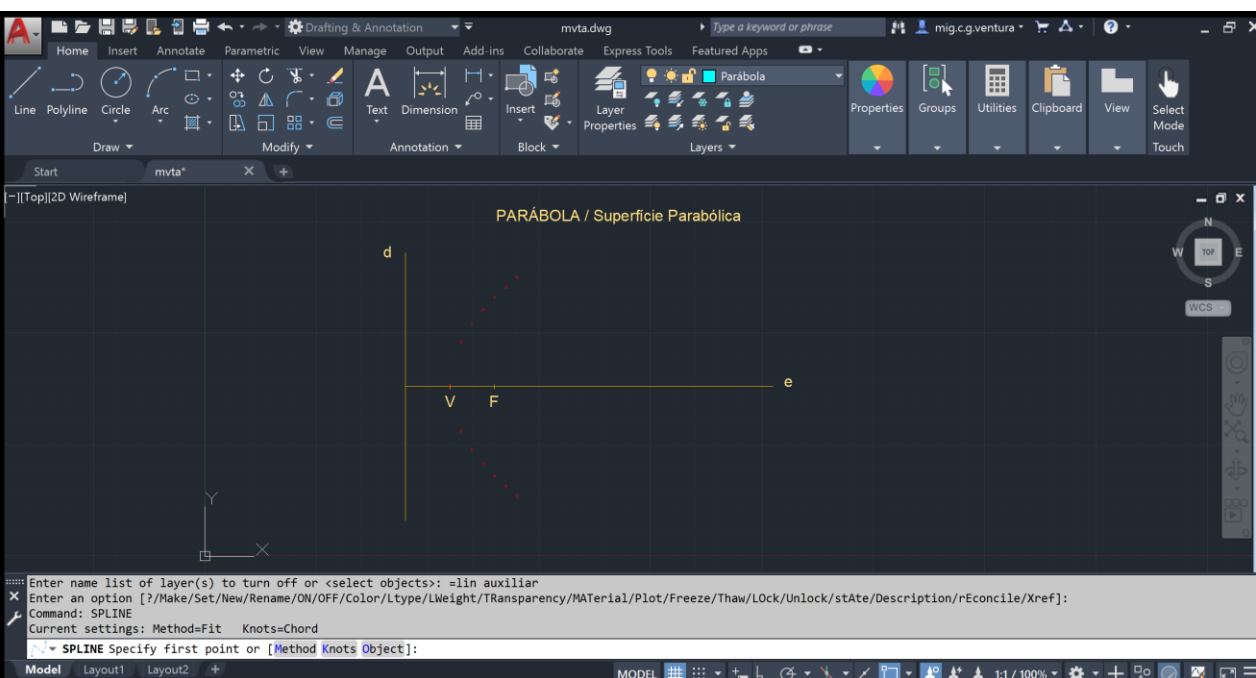


Figura 5: Pontos pelos quais se define a parábola.

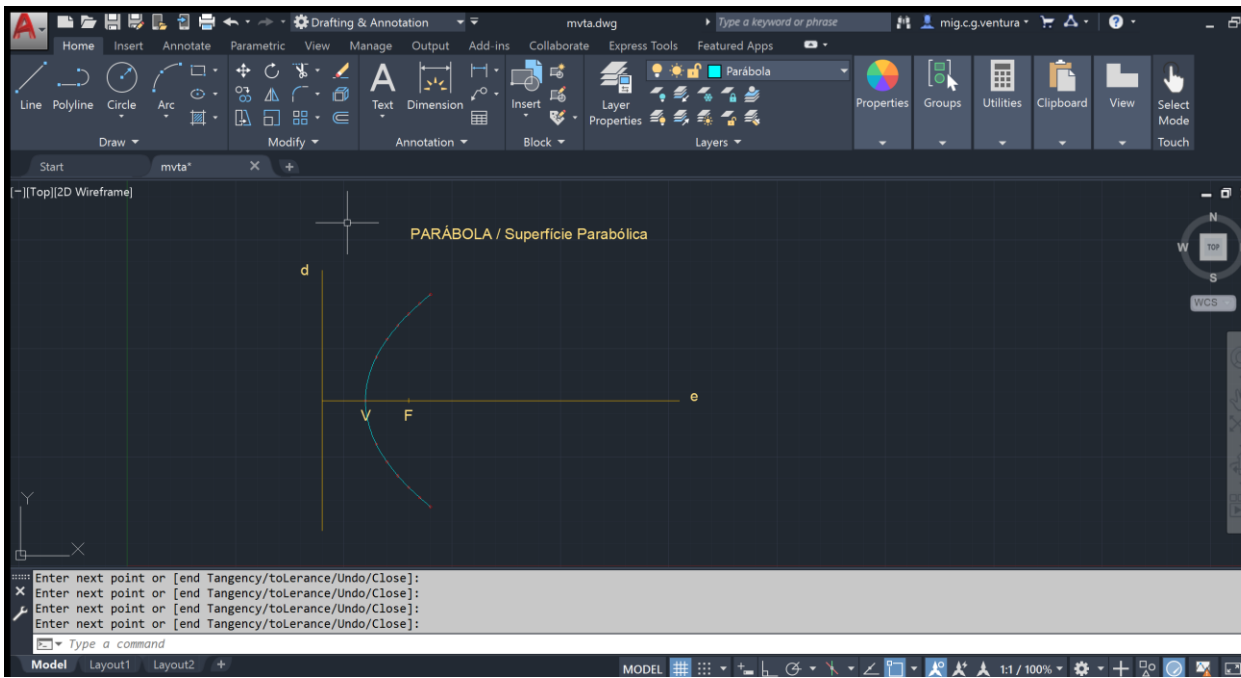


Figura 6: Desenho da curva da parábola.

Exerc. 1.1. - Superfície Parabólica

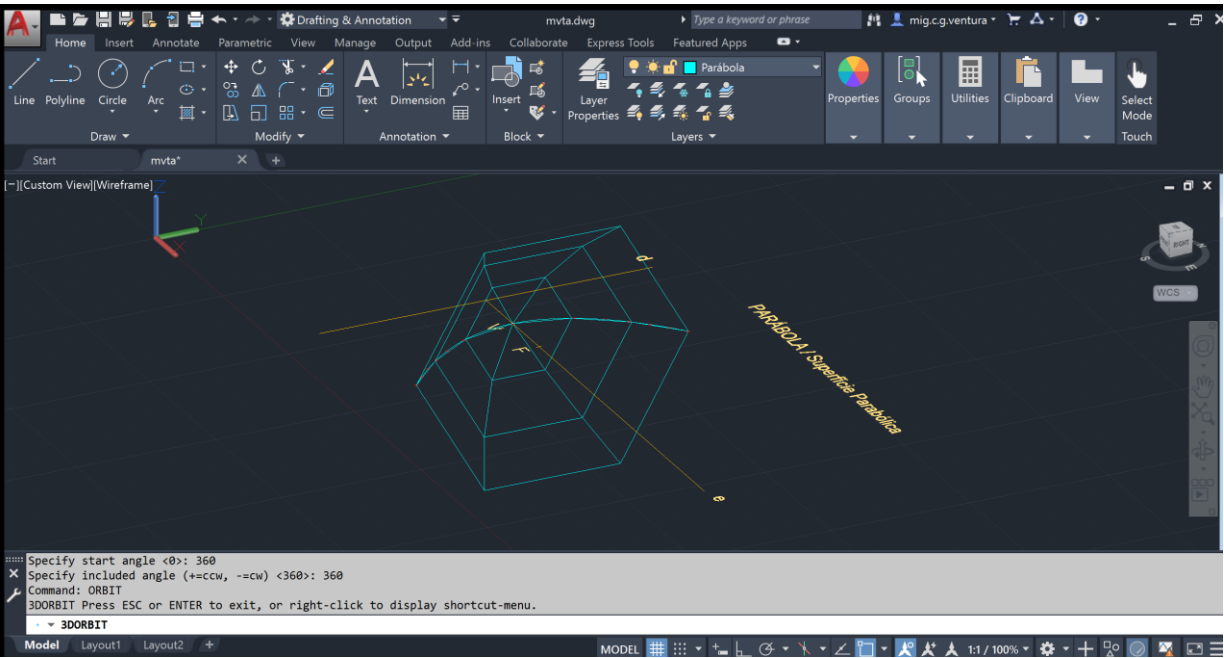


Figura 7: Revolução da parábola em torno do eixo com apenas 6 meridianos.

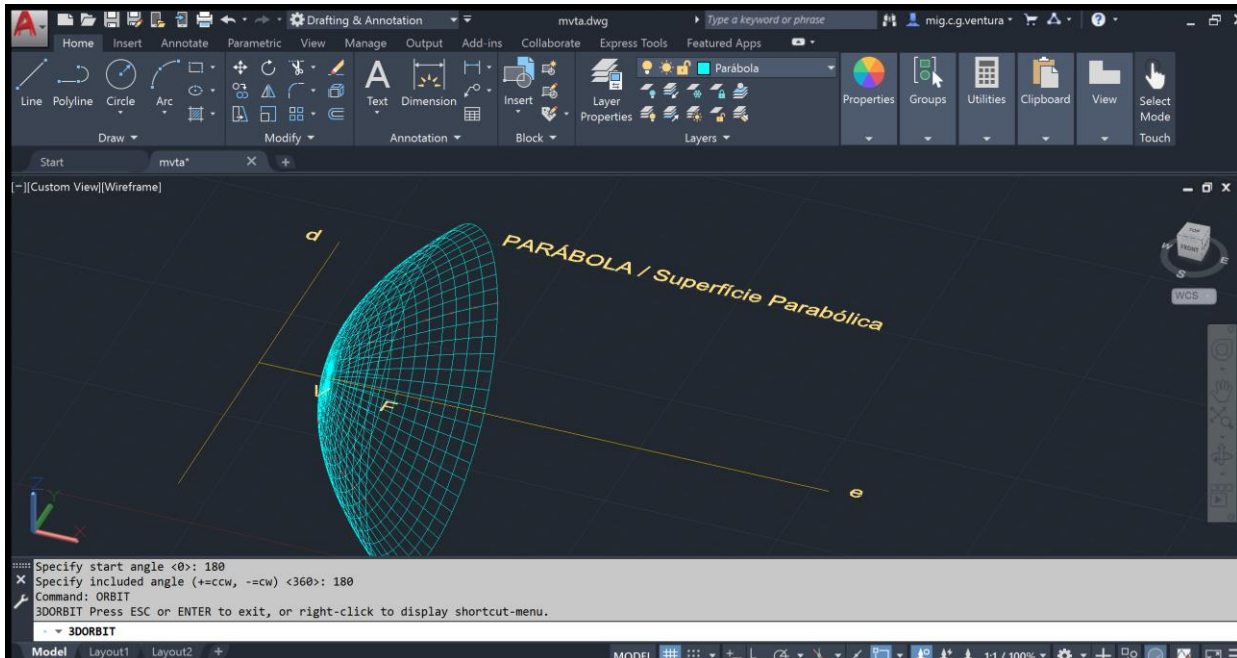


Figura 8: Com o comando *SurfTab* define-se 30 meridianos

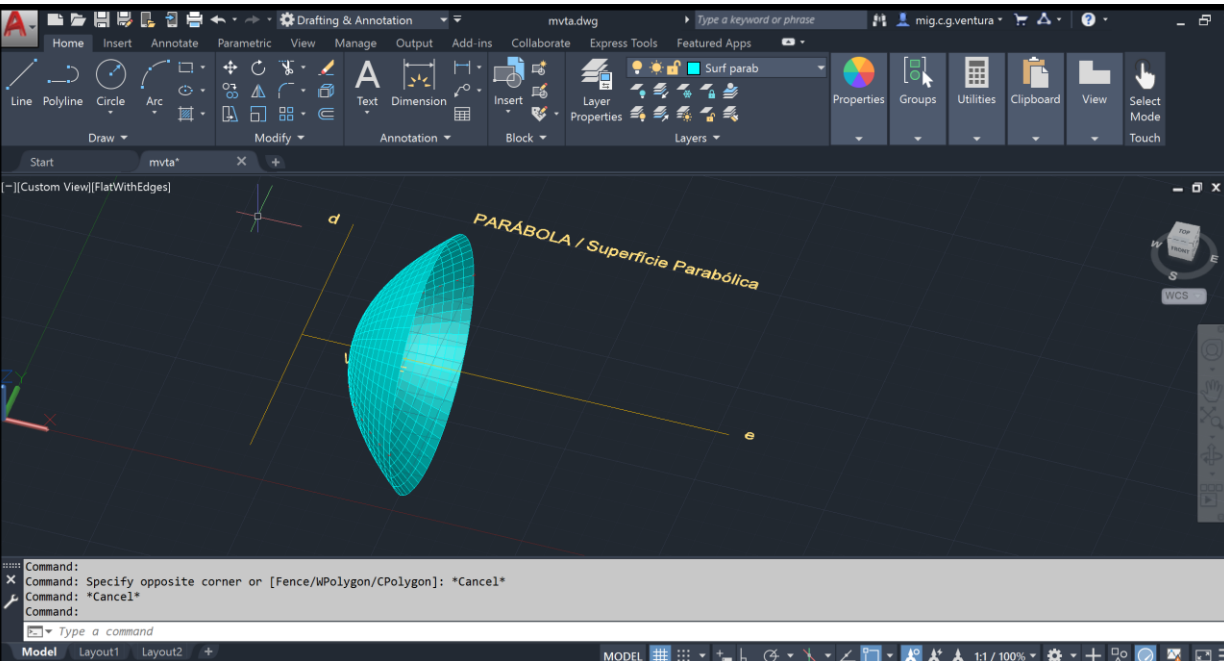


Figura 9: Comando *Shade* e criação da superfície parabólica .

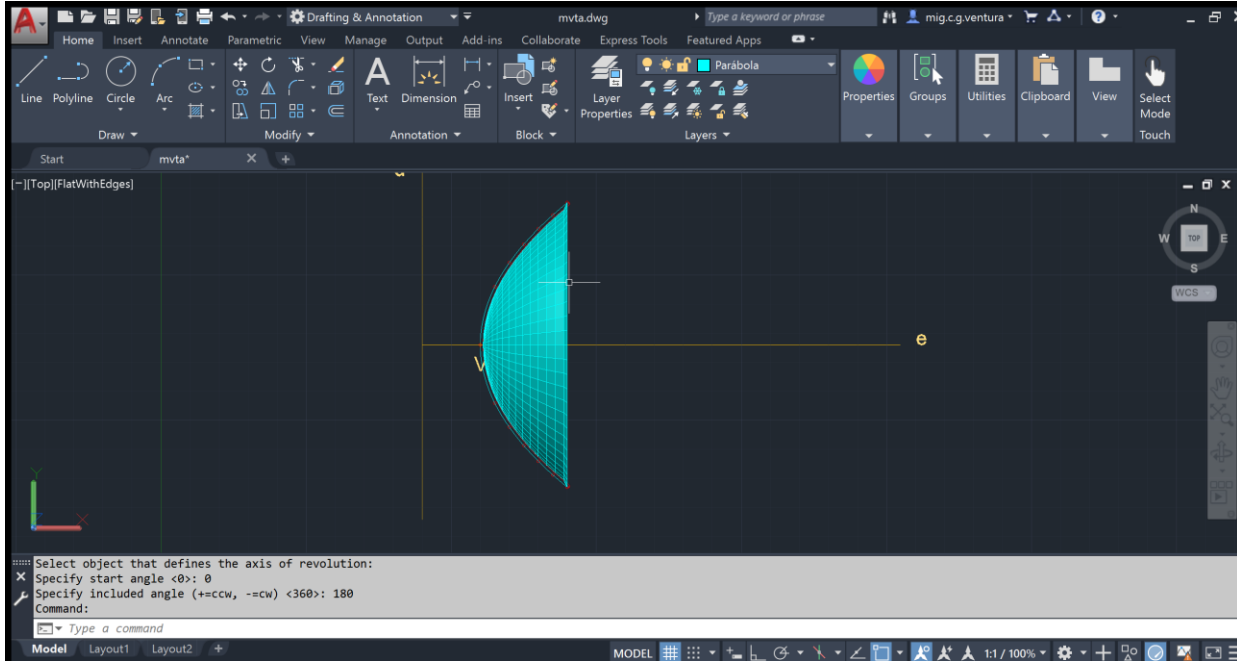


Figura 10: Criação de uma geratriz fechada.

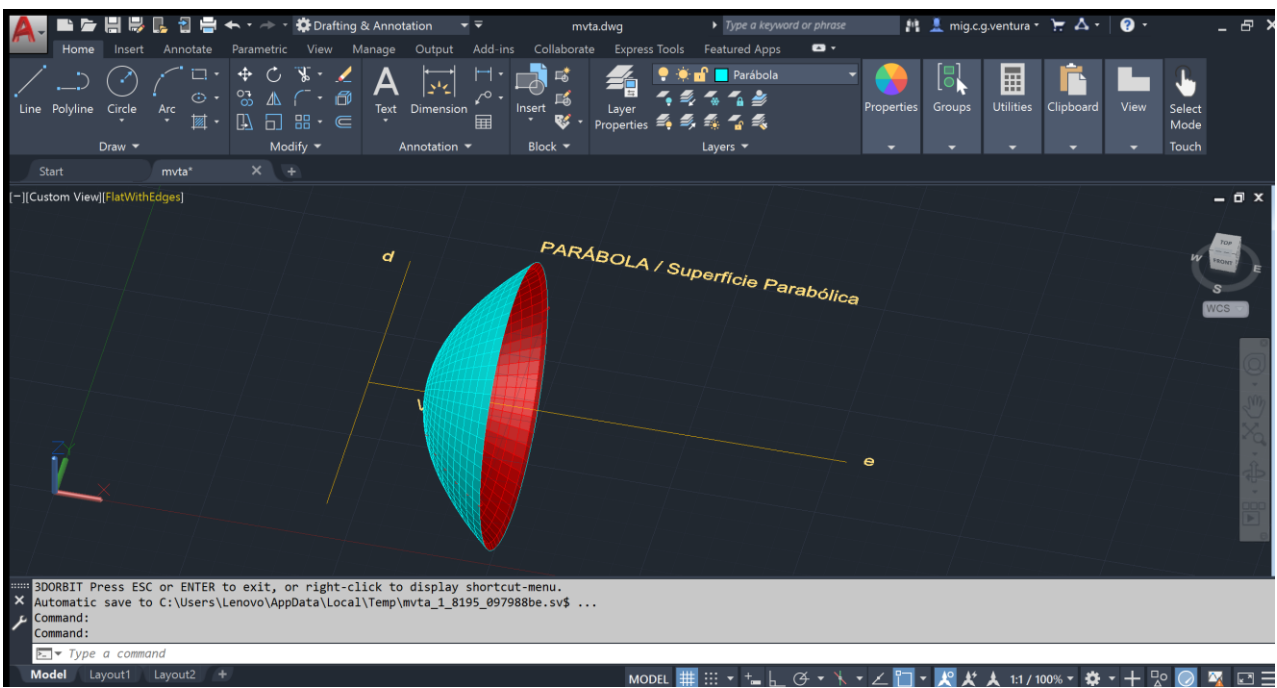


Figura 11: Conclusão do paraboloides de revolução.

- Com o comando *SPLine* desenha-se a curva da parábola na layer *Parábola*.
- Com o comando *RevSurf* executa-se uma revolução da parábola em torno do eixo da mesma. Em *SurfTab*, define-se o número de elementos que vão constituir a superfície parabólica, uma vez que o Autocad assume ST1 = 6 e ST2 = 6, colocando-se 30 meridianos nos respetivos campos apresentados.. Com o comando *Shade*, cria-se a superfície parabólica.
- De seguida, faz-se um offset da parábola criada inicialmente para uma distância de 0,5 e coloca-se em *Superfície parabólica*. Fecha-se os topos destas linhas com duas pequenas semicircunferências, criando uma geratriz fechada, onde se altera a cor desta, para percecionar as diferentes superfícies. Repete-se o processo descrito no passo anterior e apresenta-se o paraboloides de revolução

Exerc. 1.1. - Superfície Parabólica

1. Exercício de construção de um parabolóide hiperbólico

- Utilizando como eixo de revolução a diretriz da parábola, cria-se por *RevSurf* uma superfície parabólica hiperbólica utilizando as mesmas geratrizes, originando o parabolóide hiperbólico.

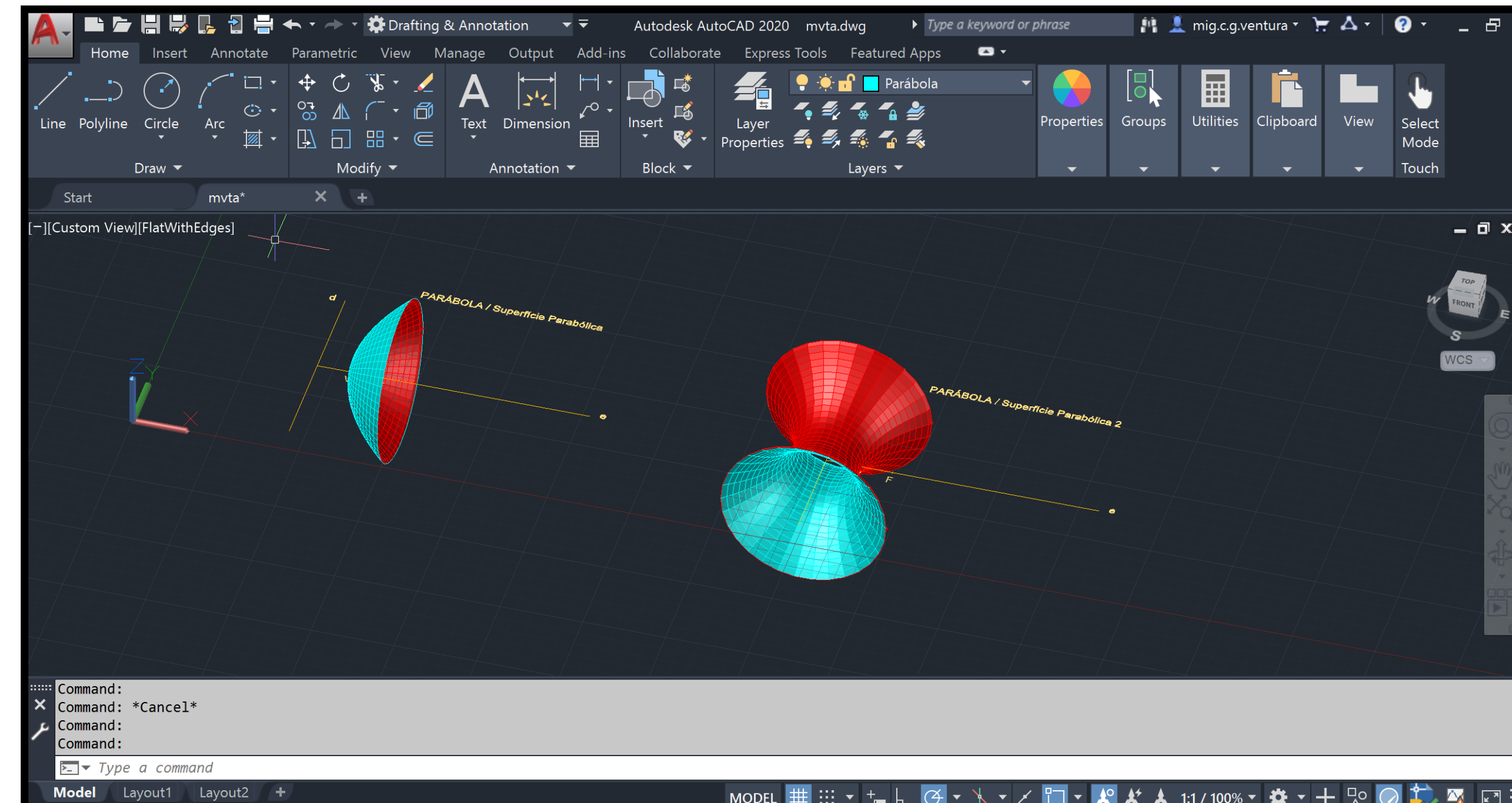


Figura 12: Conclusão do parabolóide hiperbólico.

Exerc. 1.2. - Superfície Parabólica

Aula 2:

- 1.Revisão** de alguns comandos do programa Autocad.
- 2.Exercício de construção de **Polígonos** e a sua evolução para **Poliedros** através das ferramentas do programa Autocad.
- 3.Exercícios de construção de **Poliedros (Tetraedro e Hexaedro)**.

Exercício 2. - Poliedros

1. Coordenadas absolutas e relativas em 3D e coordenadas polares

- Determinação das coordenadas de um ponto relativamente à origem do sistema de coordenadas: coordenadas absolutas, coordenadas relativas e coordenadas polares.
- Coordenadas absolutas são relativas a $x=0$ e $y=0$, ou seja, a origem do sistema e do nosso referencial, são antecedidas de # para identificar as mesmas.
- Um exemplo é #50,50 que é um ponto que tem coordenadas $x=50$ e $y=50$.
- Coordenadas relativas são as que se referem ao ponto anteriormente dado e são antecedidas por @ para identificar as mesmas.
- Um exemplo é @50,50 que é um ponto que tem de coordenadas $x=100$ e $y=100$, uma vez que são coordenadas relativas ao ponto usado no exemplo anterior (50,50).
- Coordenadas polares são relativas a uma distância ao ponto anteriormente dado tendo um ângulo relativo na direção dessa mesma distância, sendo identificadas por @distância<ângulo
- @10<45° significa que o próximo ponto está a uma distância de 10 unidades do ponto anterior numa direção a 45° relativamente ao eixo de referência horizontal.
- Quando o valor do ângulo é 0° está para Este, 90° é Norte, Oeste é 180° e Sul é 270°, sendo o sentido de leitura dos ângulos anti-horário.
- Quando anteceder # à coordenada polar é relativa ao ponto (0,0)

Exercício 2. - Poliedros

1. Revisão de alguns comandos do Autocad

2. Exercício de construção de Polígonos e a sua evolução para Poliedros através das ferramentas do programa Autocad.

- Criação dos layers necessários para o exercício, em Layer, com as propriedades de acordo com o necessário, tal como cores, transparências, entre outras.
- Layer *Texto*(cor 31), *Cotas*(cor7), *Box*(cor 4), *Linhas auxiliares*(cor9), *Extrude*(cor 124), *Tetraedro*(cor50), transparência 80), *Hexaedro*(cor9, transparência 80).
- Inicia-se o exercício com o comando *Box*, na layer *Box*, onde inserimos as coordenadas #50,50 e define-se as dimensões do cubo através da diagonal espacial, @10,10,10, obtendo-se um cubo com 10 unidades de aresta.
- Utilizando o comando *Shape*, cria-se a superfície do cubo.

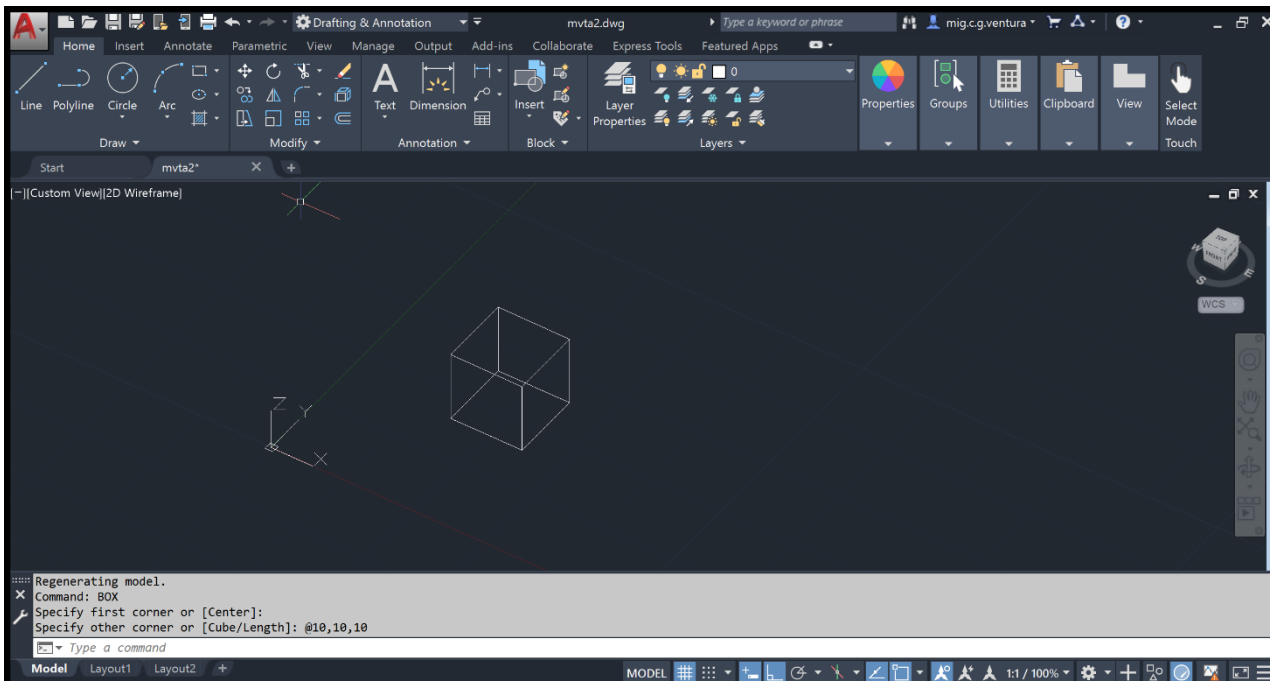


Figura 1: Comando *Box* e criação do cubo de aresta 10 unidades.

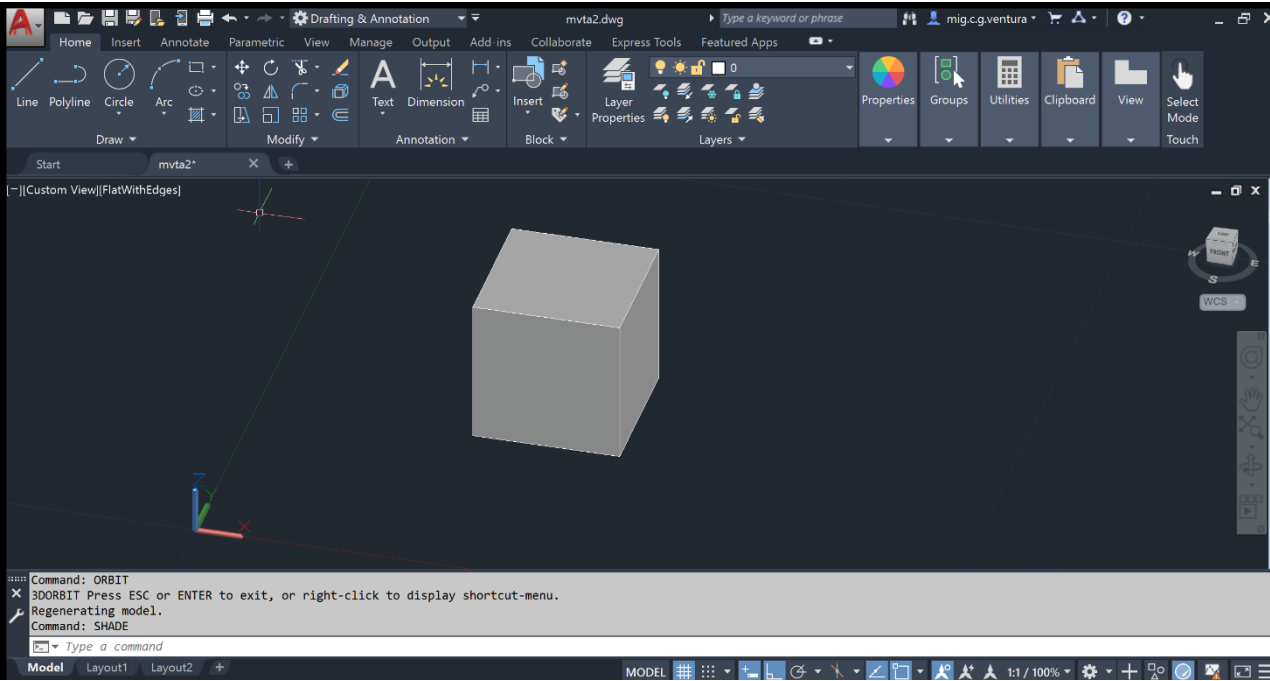


Figura 2: Comando *Shape*

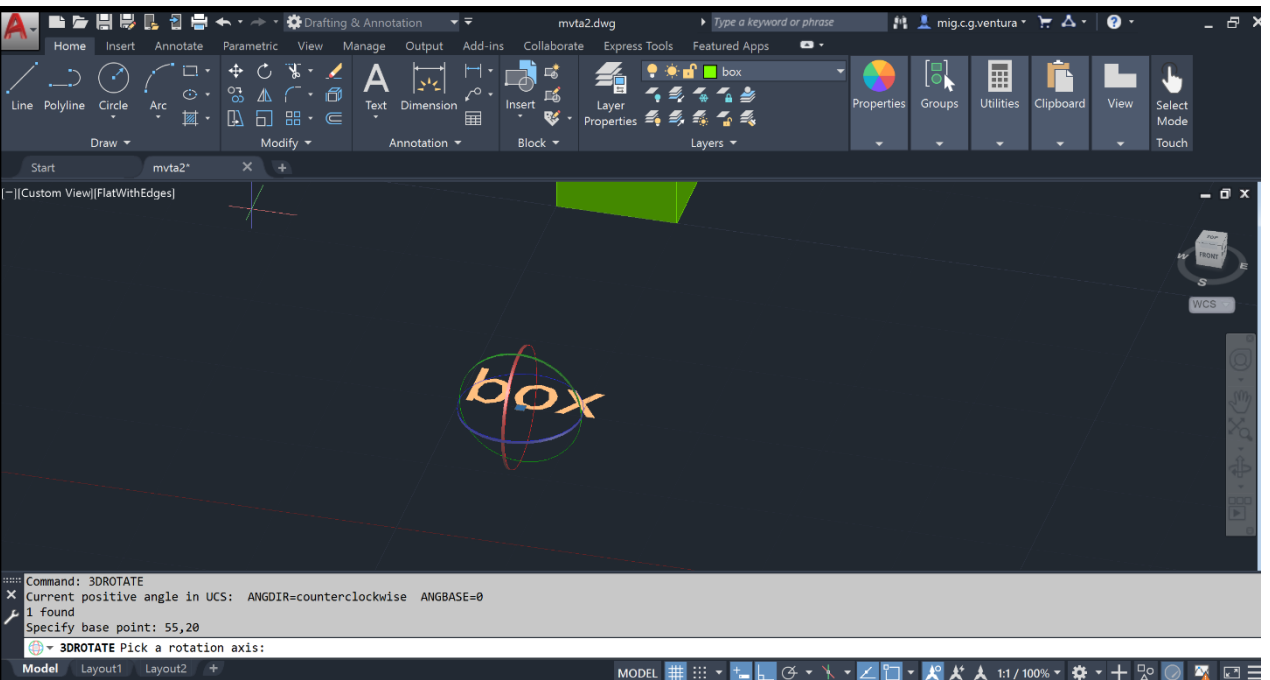


Figura 3: Descrição do exercício e rotação das letras utilizando *3DRotate*.

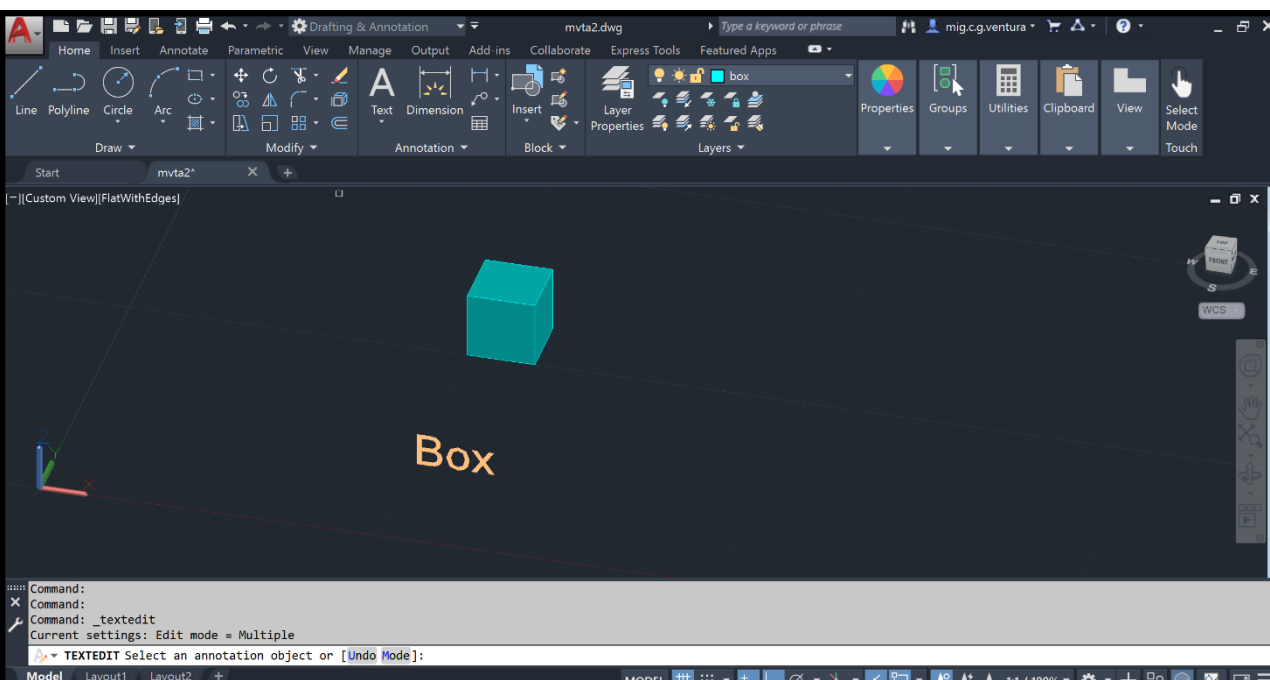


Figura 4: Finalização da primeira parte do exercício.

Exerc. 2.1. - Box

- Desenhamos através do comando *Pline* um quadrado com 10 unidades de aresta na layer *Extrude*. Ao inserir o comando *Extrude*, obtém-se um cubo com 10 unidades de aresta.

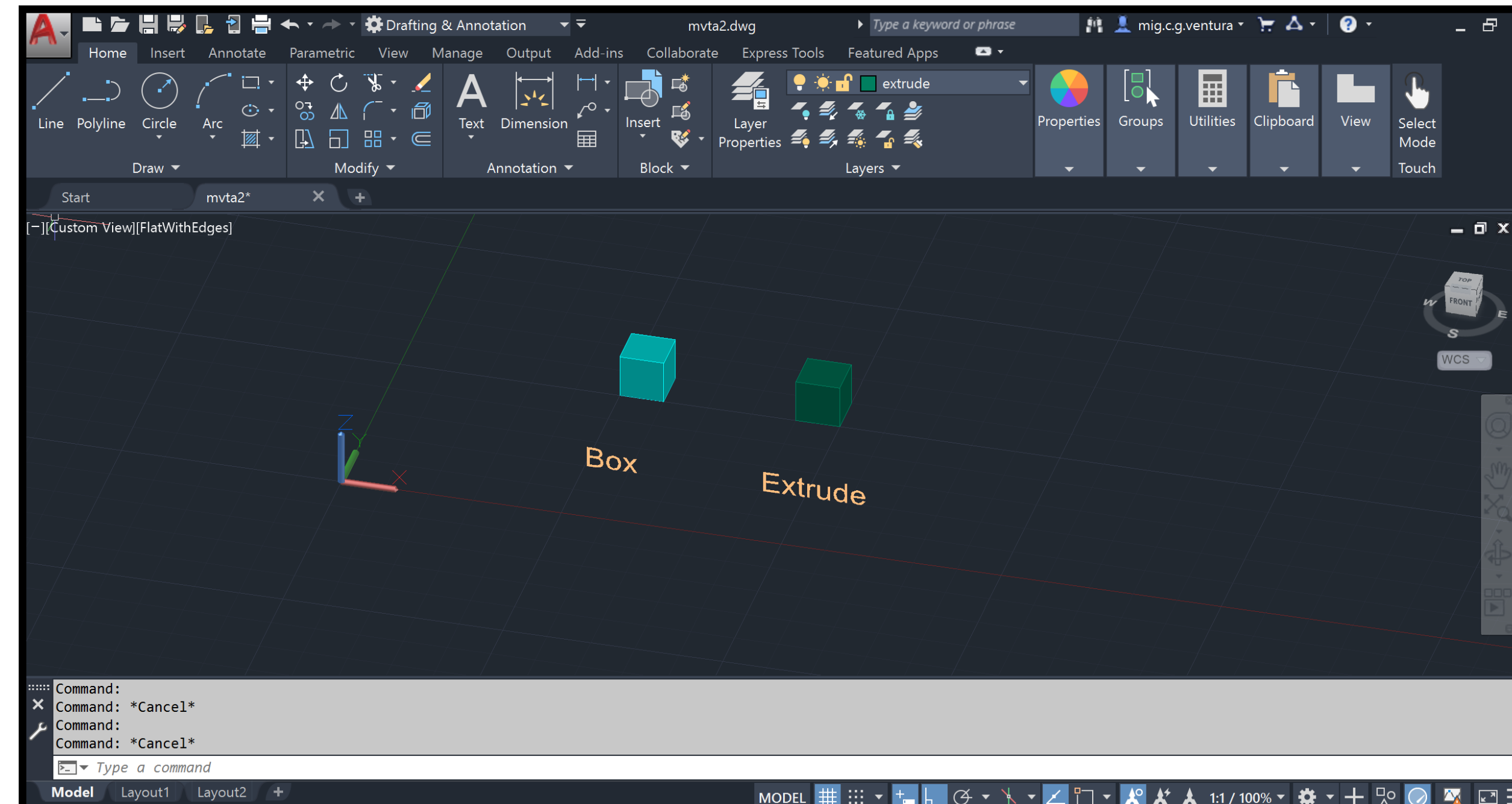


Figura 5: Conclusão do cubo através do comando *Extrude*.

Exerc. 2.2. - Extrude

1. Exercícios de construção de Poliedros (Tetraedro).

- O Tetraedro começa-se por desenhar com a inscrição de um 1 triângulo equiláteros no plano xy, através do comando *Pline*, na layer *Tetraedro*. De seguida planifica-se as outras faces do Tetraedro e, com recurso a linhas auxiliares na layer *Linhas auxiliares* encontra-se o centro geométrico do triângulo para descobrir a altura do vértice do sólido. Há que determinar a circunferência de rebatimento do vértice da pirâmide para encontrar por intersecção o ponto onde este vai fica.
- Rebate-se um deles para a posição em que o vértice se fixe na vertical do centro geométrico da base. Para isso usa-se o comando *3DRotate*.
- De seguida, utilizamos o comando *Rotate* de forma a poder proceder como foi referido no passo anterior, uma vez que o *3DRotate* apenas permite a rotação com os eixos de rotação paralelos aos eixos do referencial. Ao rebatermos todas as faces concluímos o Tetraedro.
- Também se pode proceder à construção deste sólido através do comando *Array polar*, após o rebatimento de uma face do sólido, uma vez que este vai criar o número de faces que se colocar no item, neste caso 3.

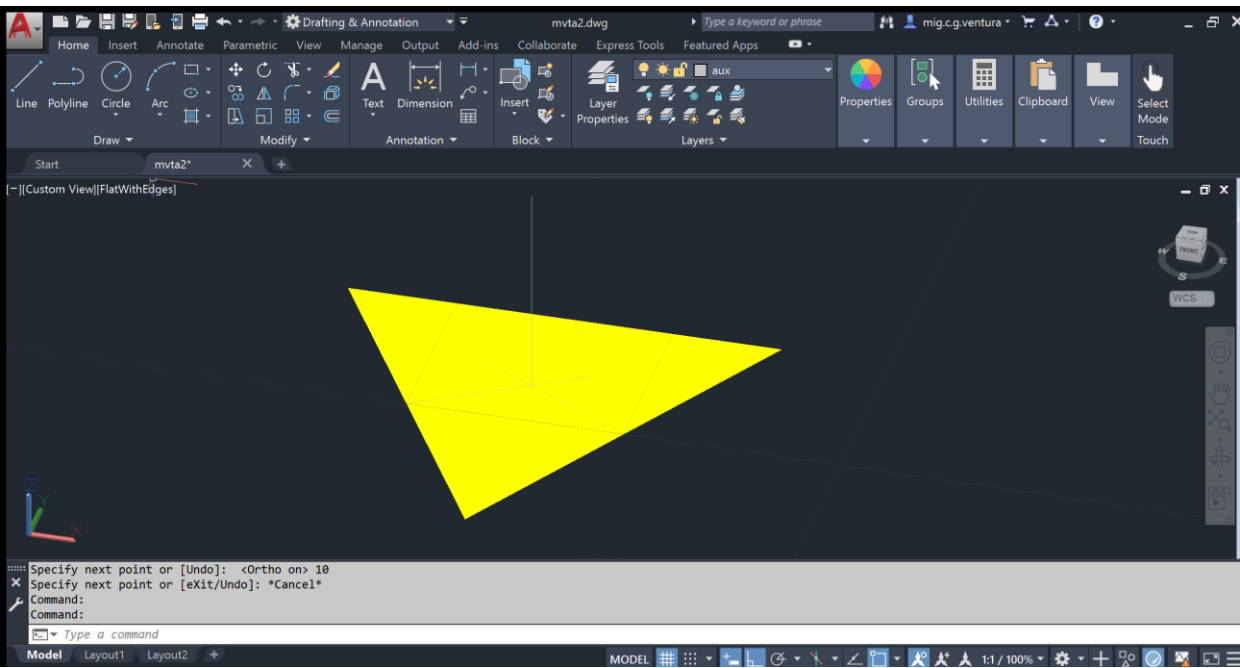


Figura 6: Planificação do Tetraedro.

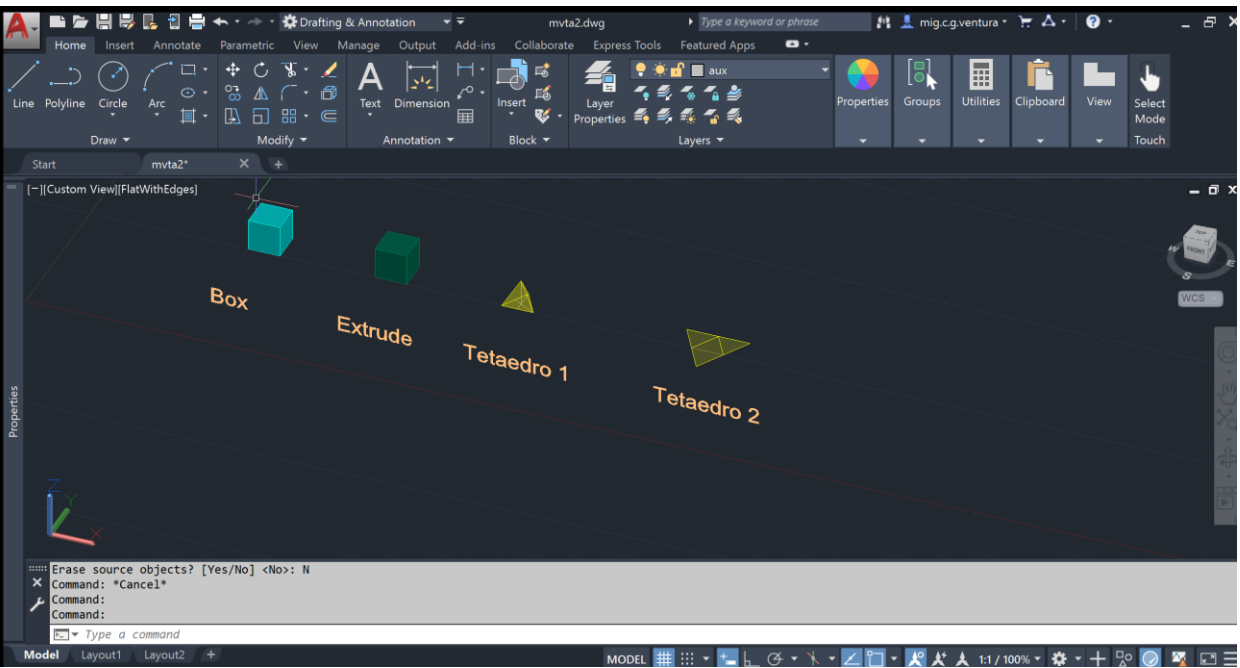


Figura 7: Conclusão do Tetraedro.

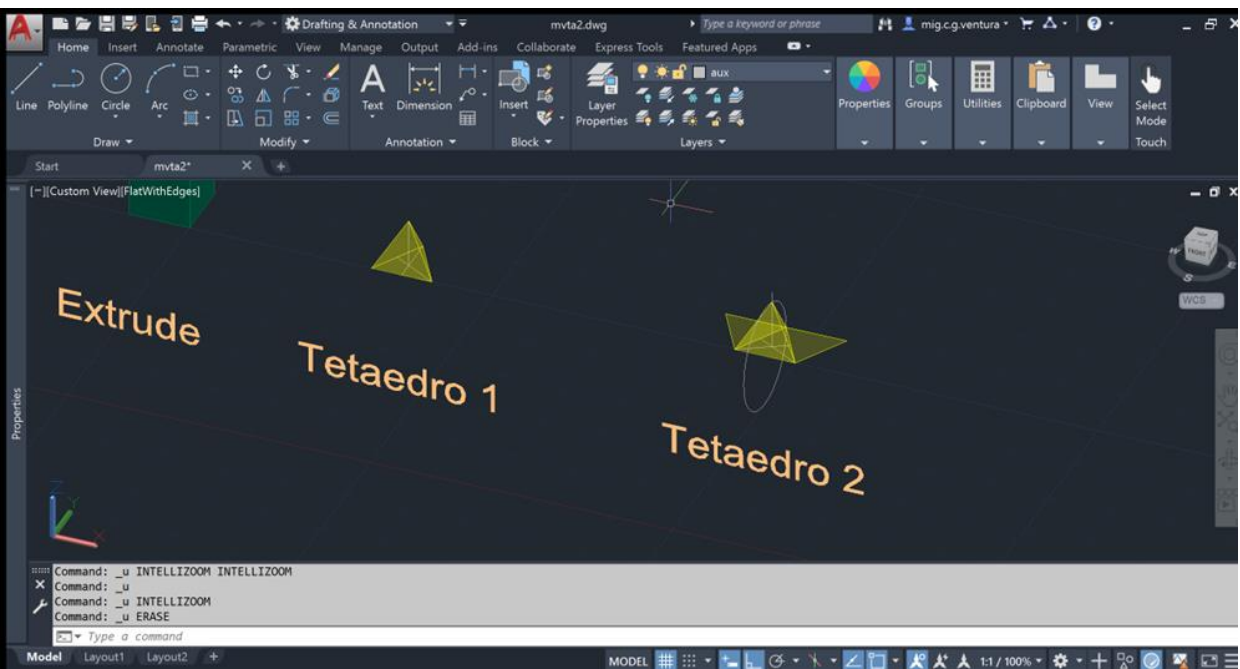


Figura 8: Rebatimento da face do Tetraedro

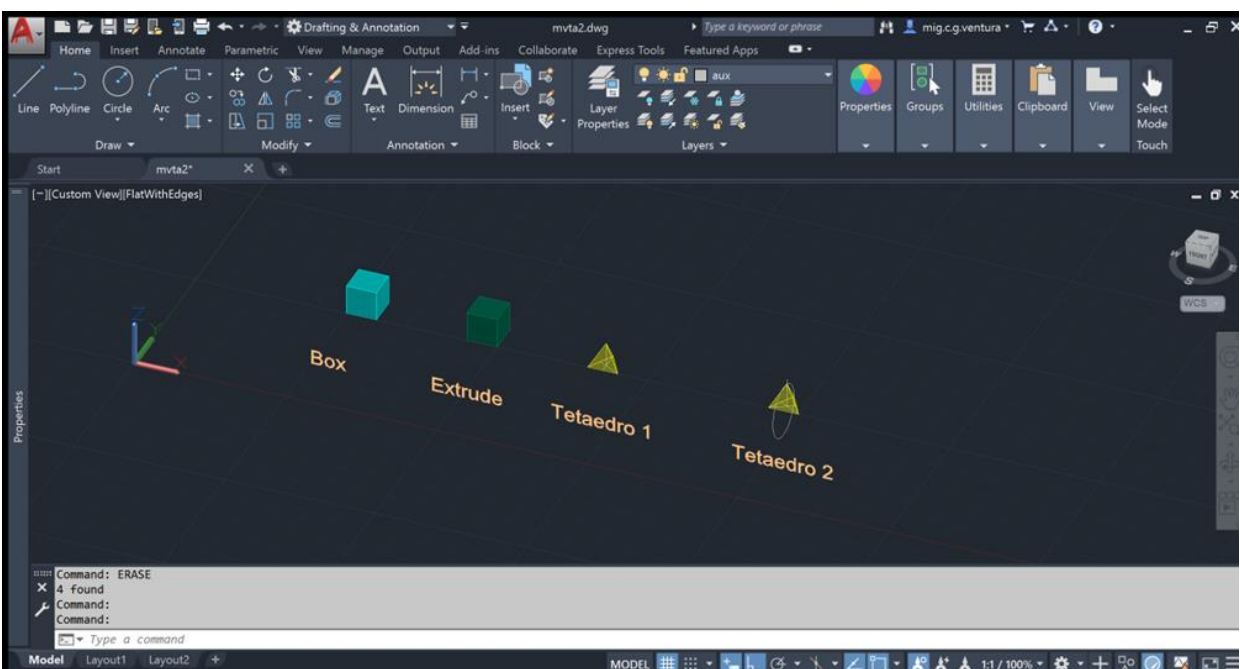


Figura 9: Comando Array polar.

Exerc. 2.3. - Tetraedro

2. Exercícios de construção de Poliedros (Hexaedro).

- O Hexaedro inicia-se por desenhar a planificação do sólido no plano xy, através do comando *Pline*, na layer *Hexaedro*.
- Rebate-se de seguida as faces até completar o sólido, usando mais uma vez o comando *3DRotate*.
- Mais uma vez, também é possível construir este sólido através do comando *Array polar*, mas colocando no item 6 faces

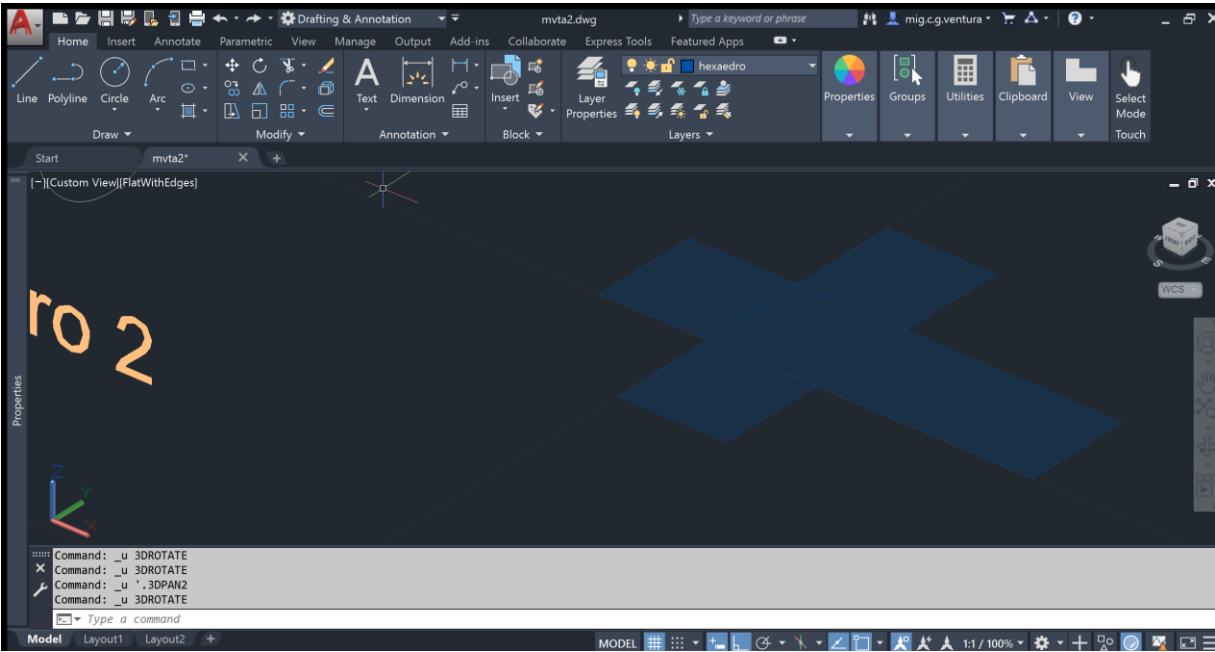


Figura 10: Planificação do Hexaedro.

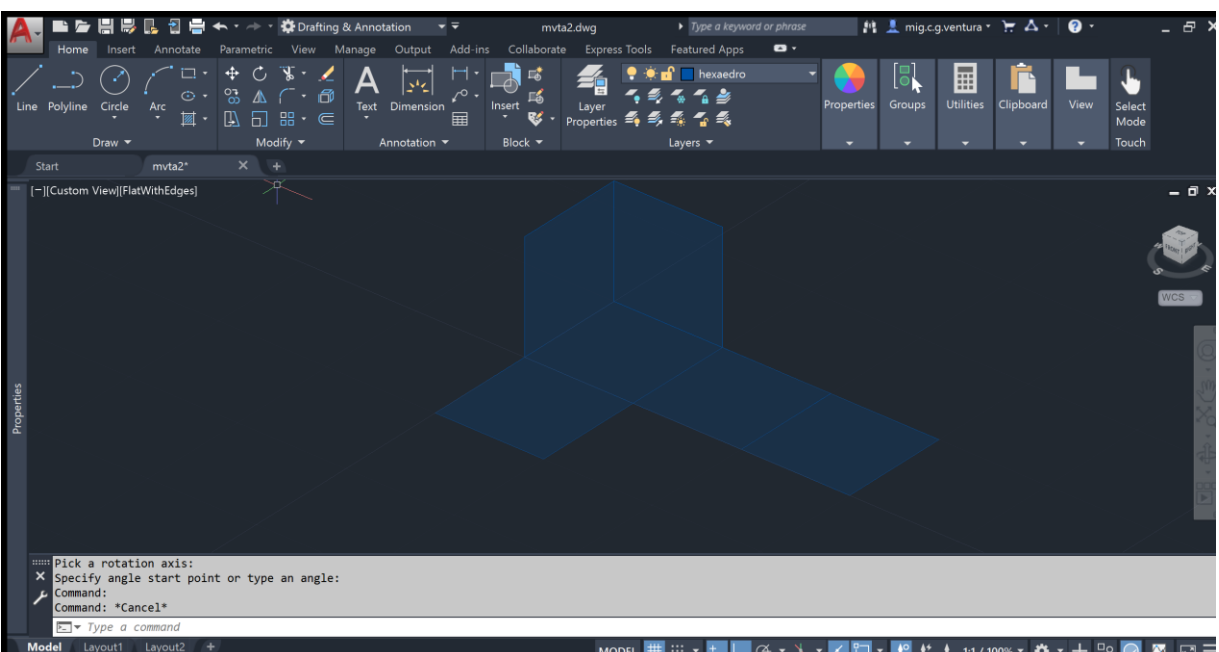


Figura 11: Rebatimento das faces com *3DRotate*

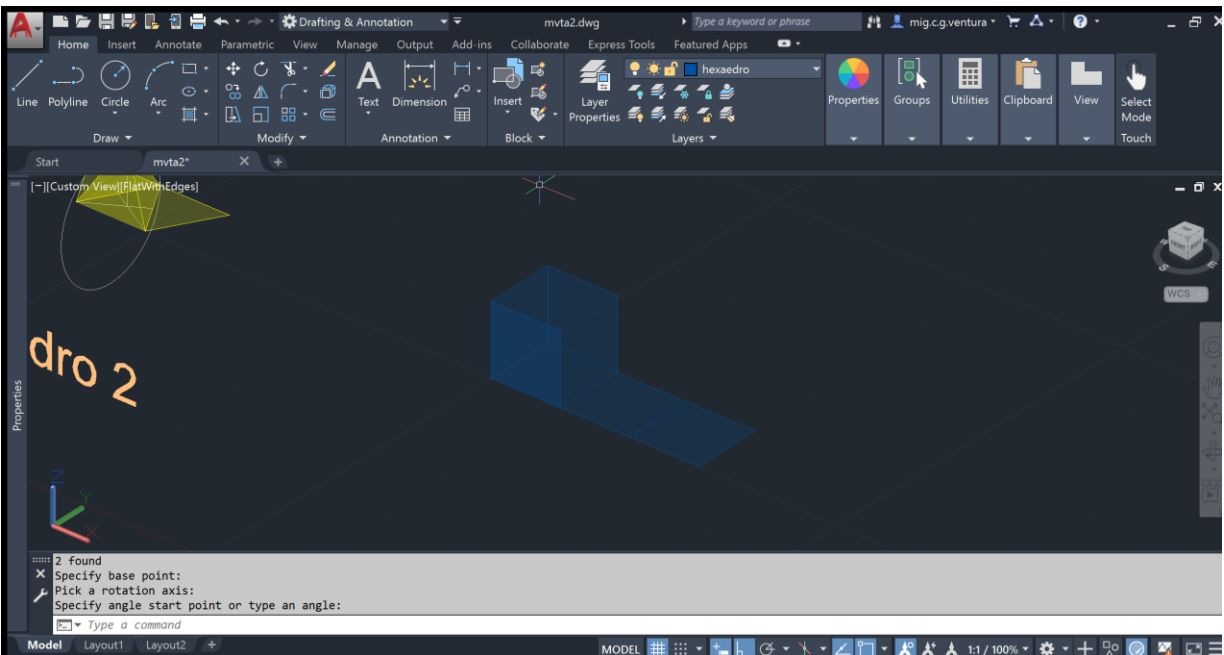


Figura 12: Rebatimento das faces.

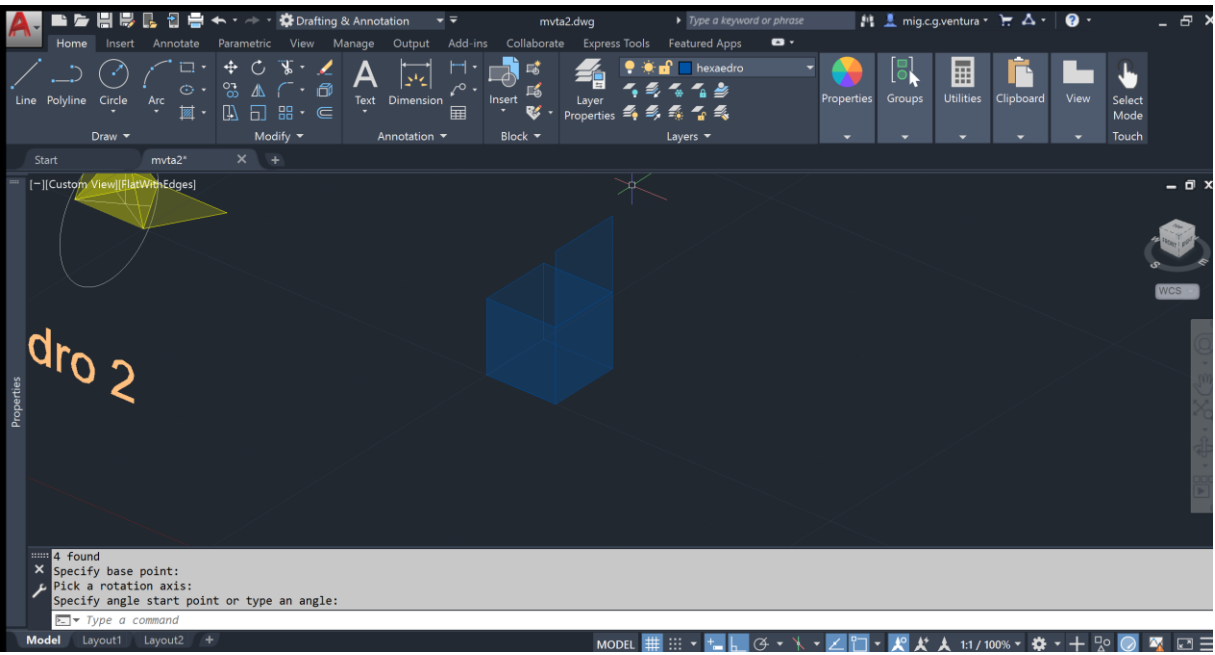


Figura 13: Continuação do exercício.

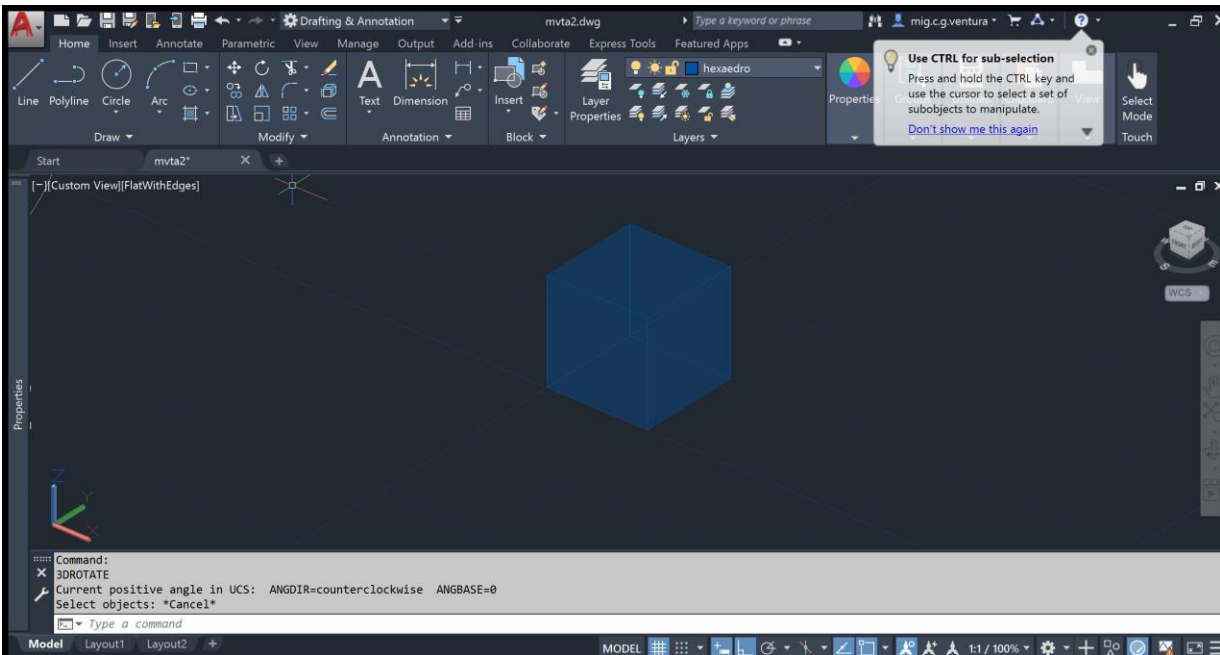


Figura 14: Conclusão do exercício.

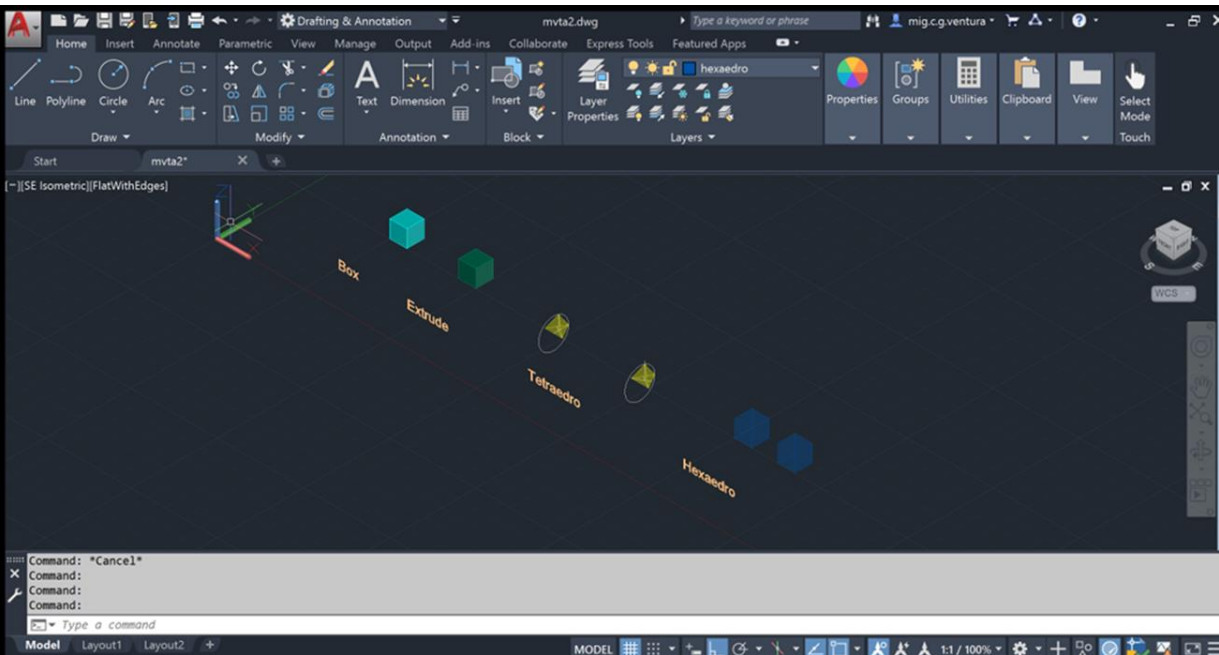


Figura 15: Conclusão do exercício 2

Exerc. 2.4. - Hexaedro

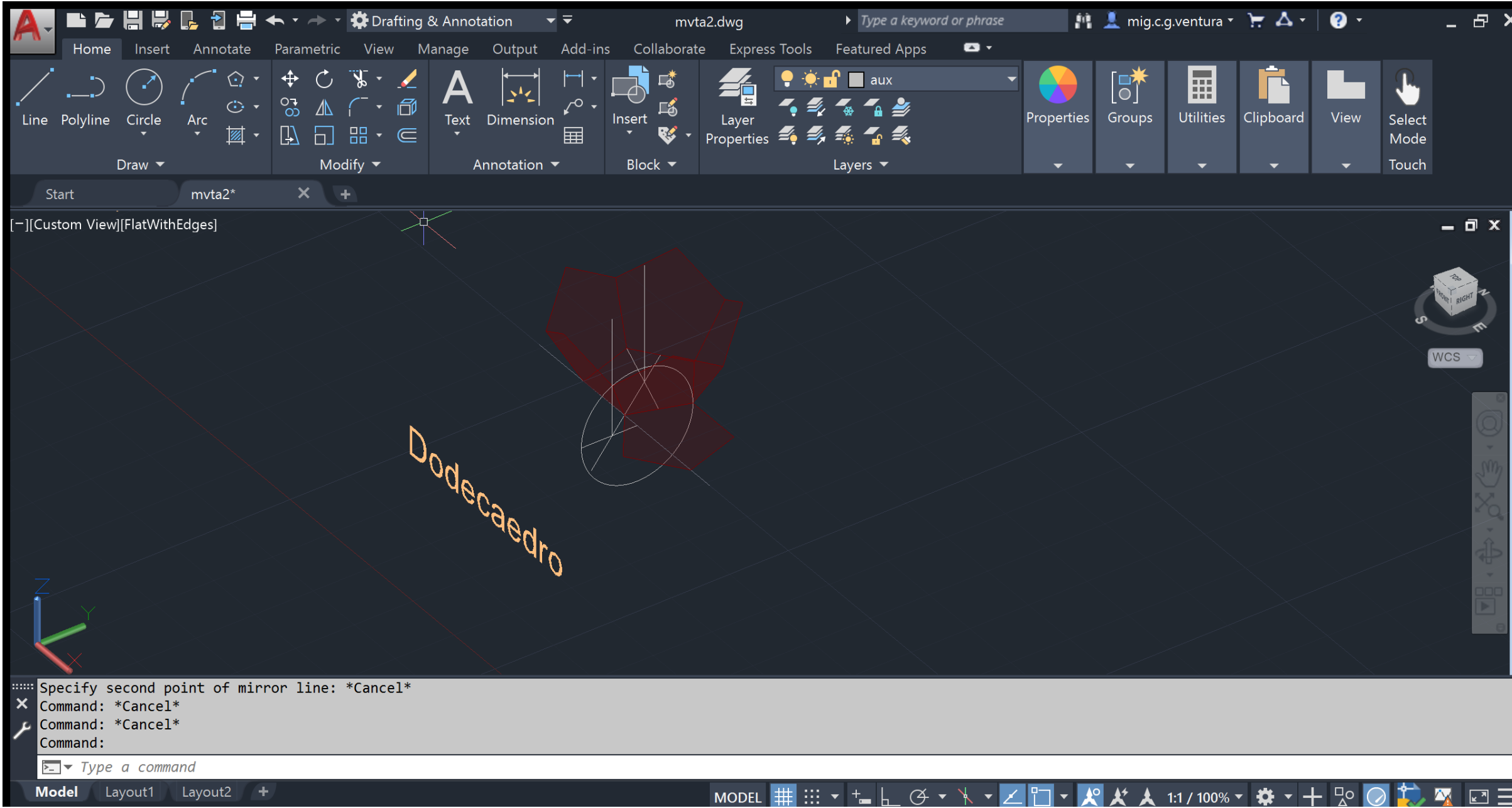


Figura 1:Rebatimento das faces e array polar

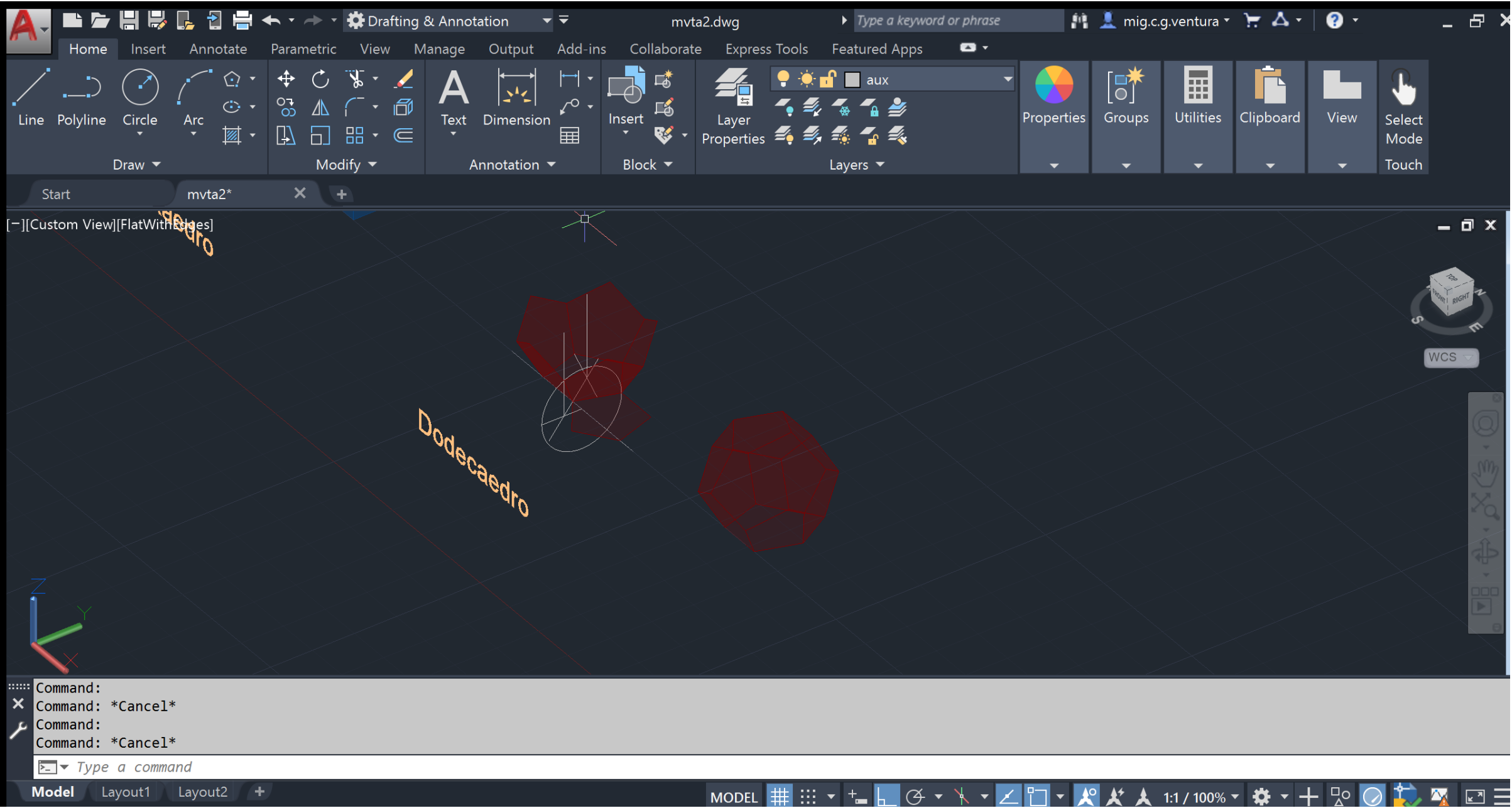


Figura 2: Conclusão do Dodecaedro

Exerc. 2.5. – Dodecaedro (Tpc)

Aula 3:

1. Exercícios de construção de **Poliedros (Octaedro, Dodecaedro e Icosaedro)**.
2. **Relação dual entre sólidos platônicos**

Exercício 3. – Poliedros(continuação)

1. Exercícios de construção de Poliedros (Octaedro).

- O Octaedro começa-se por desenhar determinando o centro da diagonal do quadrado que serve como base e, com recurso a linhas auxiliares na layer *Linhas auxiliares* encontra-se o centro geométrico do mesmo para descobrir a altura do vértice do sólido. De seguida planifica-se uma das faces com um triângulo equilátero para que se possa determinar a primeira pirâmide. Há que determinar a circunferência de rebatimento do vértice da pirâmide para encontrar a intersecção do ponto onde este vai ficar.
- Rebate-se um deles para a posição em que o vértice se fixe na vertical do centro geométrico da base. Para isso usa-se o comando *3DRotate*.
- De seguida, utilizamos o comando *Array polar*, após o rebatimento da face do sólido, uma vez que este vai criar o número de faces que se colocar no item, neste caso 4.
- De forma, a completar o sólido recorremos ao comando *3DMirror* com a seleção de 3 pontos que definem o plano que permite realizar um objeto simétrico ao executado.

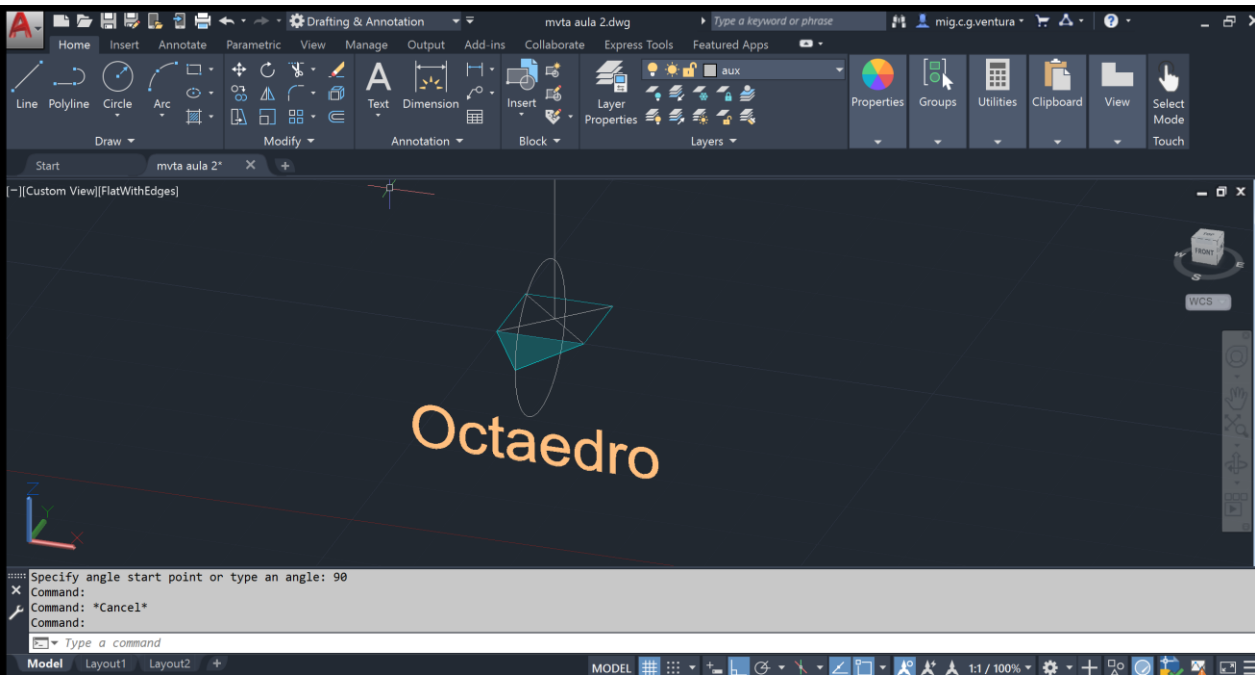


Figura 1: Planificação e linhas de auxílio

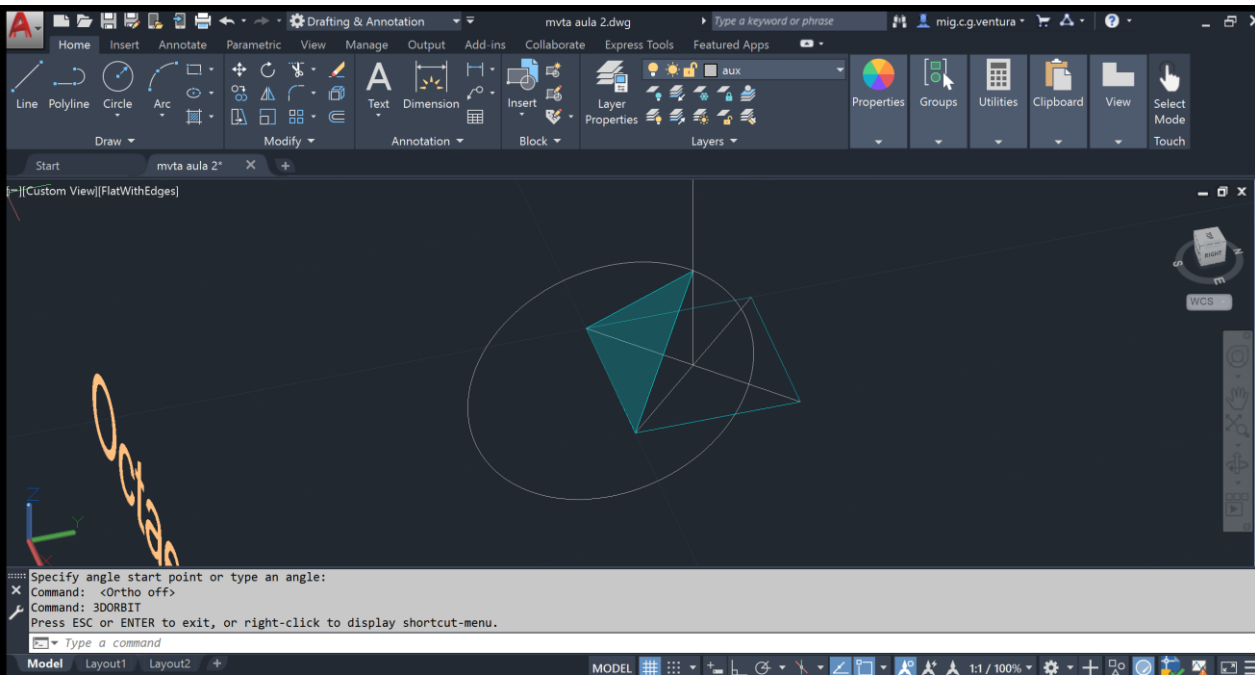


Figura 2:Rebatimento de face

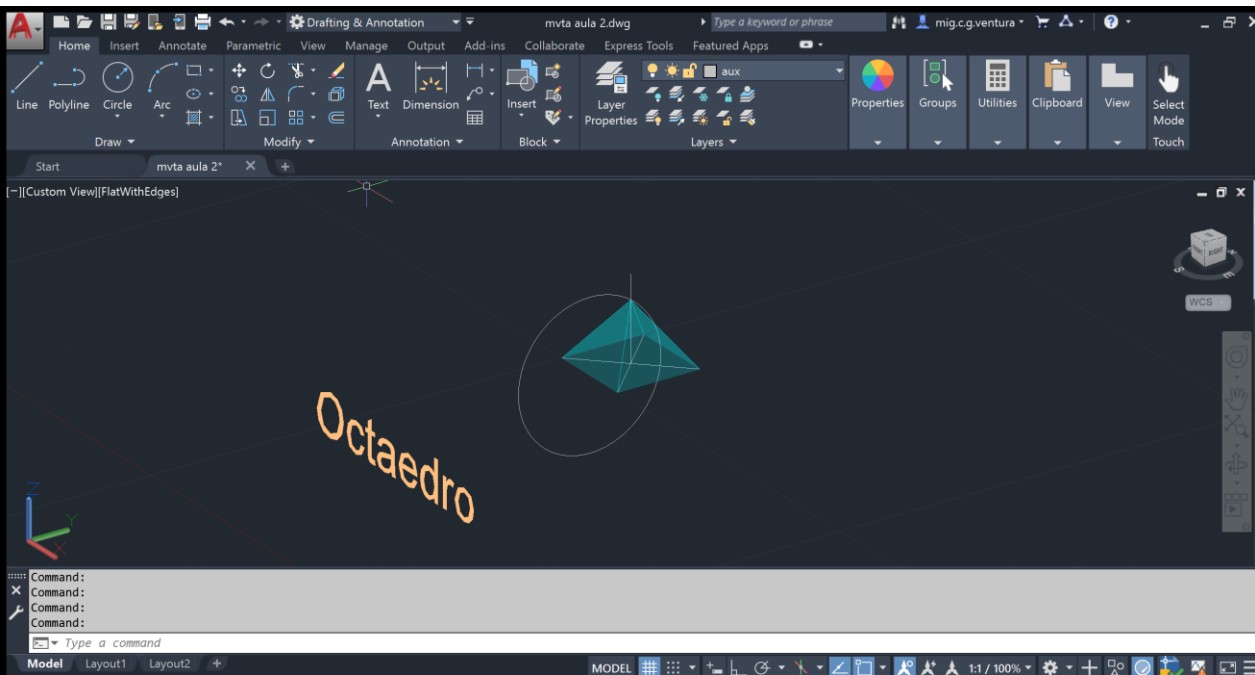


Figura 3: Comando *Array polar* e conclusão da pirâmide

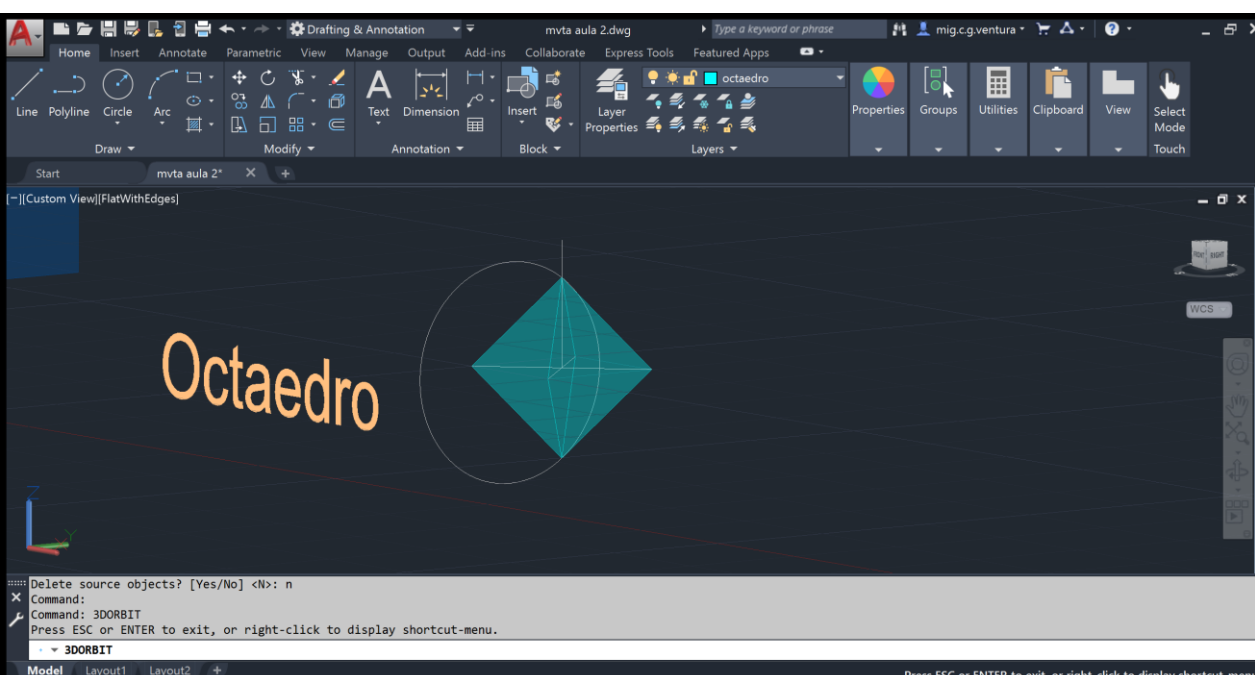


Figura 4: Finalização do Octaedro.

Exerc. 3.1. - Octaedro

2. Exercícios de construção de Poliedros (Dodecaedro).

- O Dodecaedro começa-se por desenhar com a inscrição de um 1 pentágono no plano xy, através do comando *Pline*, na layer *Dodecaedro*. De seguida planifica-se duas outras faces do Dodecaedro e, com recurso a linhas auxiliares na layer *Linhas auxiliares* encontra-se o vértice do sólido. Há que determinar as charneiras A e B para se realizar a circunferência de rebatimento do vértice da para encontrar por intersecção o ponto onde este vai fica.
- Rebate-se um deles para a posição em que o vértice se fixe na vertical do centro geométrico da base. Para isso usa-se o comando *3DRotate*.
- De seguida, através do comando *Array polar*, após o rebatimento da face do sólido, cria-se o número de faces que se colocar no item, neste caso 5.
- Recorrendo ao comando *3DMirror*, fecha-se o sólido e obtém-se o Dodecaedro.

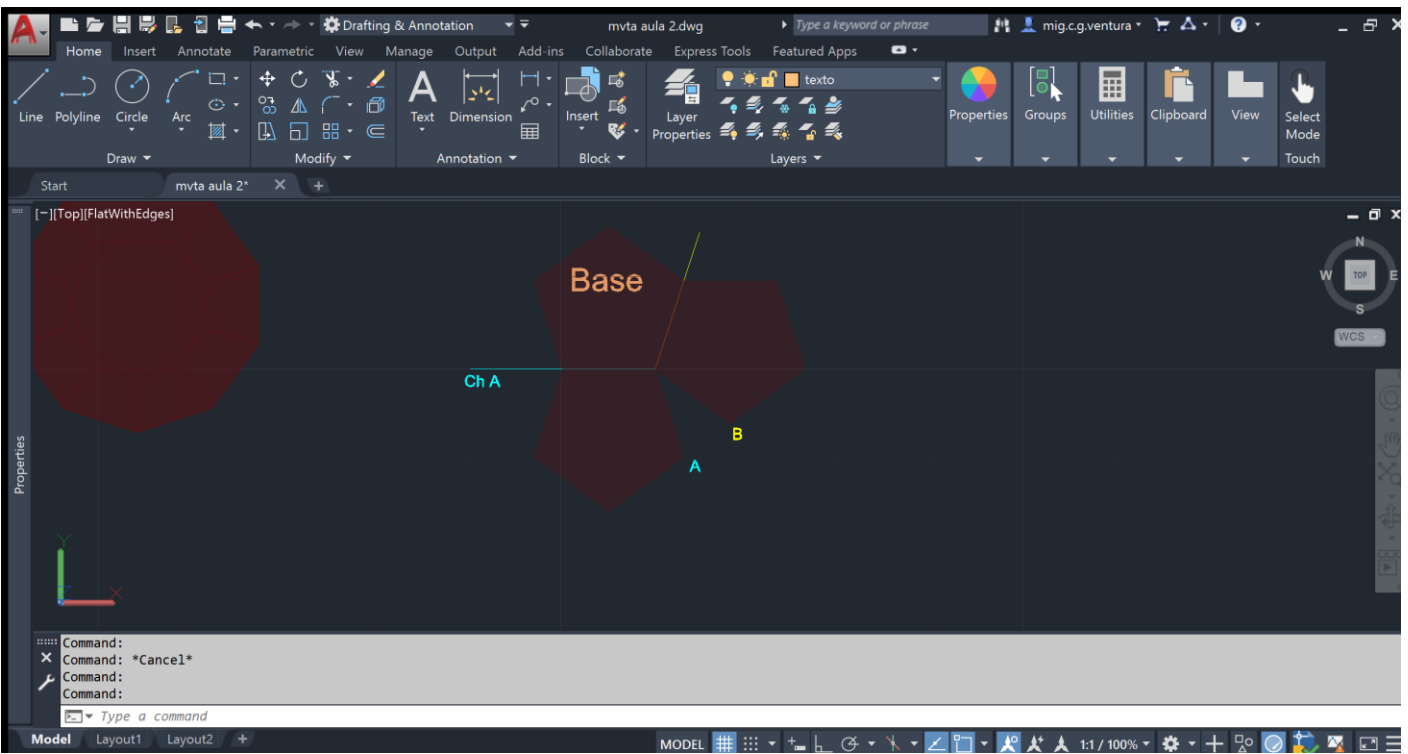


Figura 5: Construção para rebatimento das faces

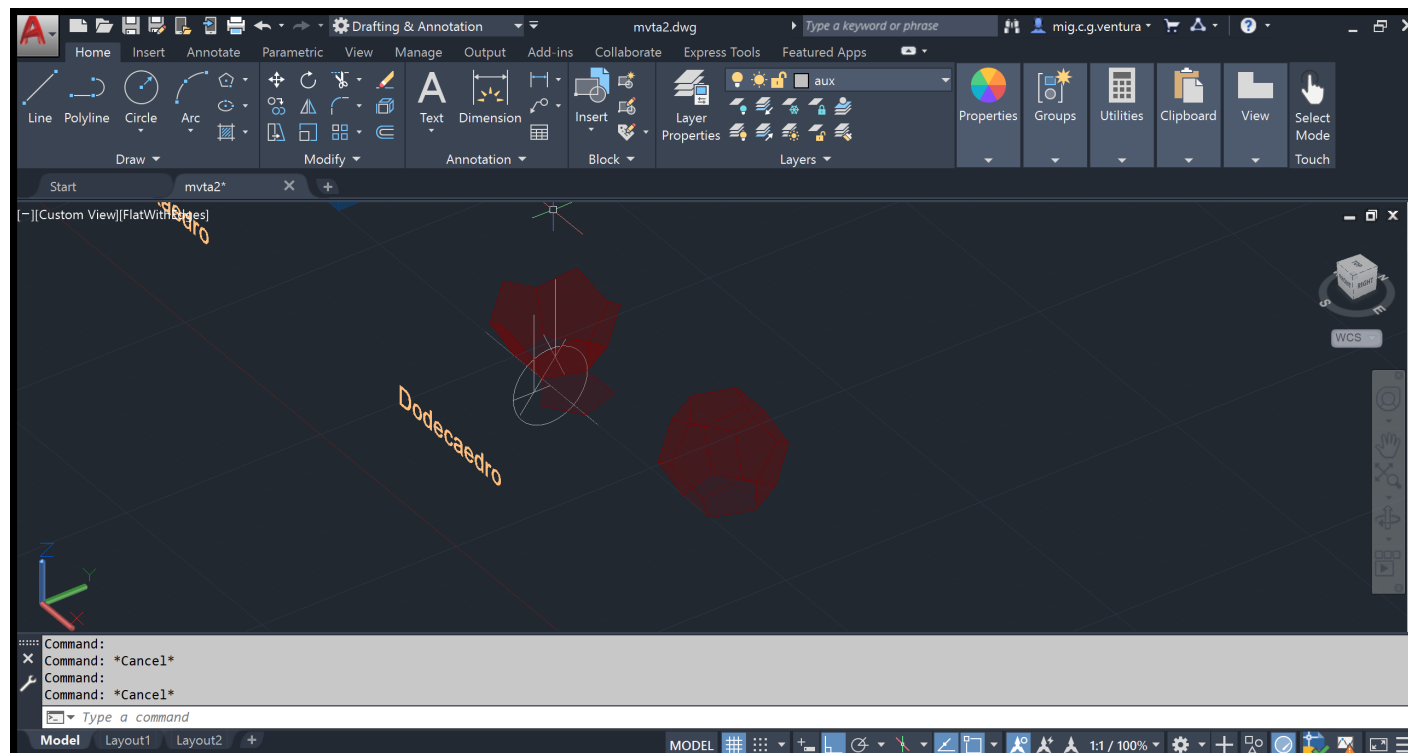


Figura 6: Finalização do exercício.

Exerc. 3.2. - Dodecaedro

3. Exercícios de construção de Poliedros (Icosaedro).

- O Icosaedro começa-se por desenhar com a inscrição de um 1 pentágono no plano xy, através do comando *Pline*, na layer *Icosaedro*. De seguida planifica-se uma face do Icosaedro e rebate-se com uma circunferência de rebatimento auxiliar para encontrar o vértice que passa na linha auxiliar que parte do centro geométrico da base.
- Rebate-se uma outra face a 90º Para isso usa-se o comando *3DRotate*.
- Com auxílio do comando *Array polar*, completa-se a primeira parte do sólido.
- Ao usar o comando *3DMirror*, permite-se obter a segunda parte do sólido que nos através de uma rotação de 36º o encaixe das partes.

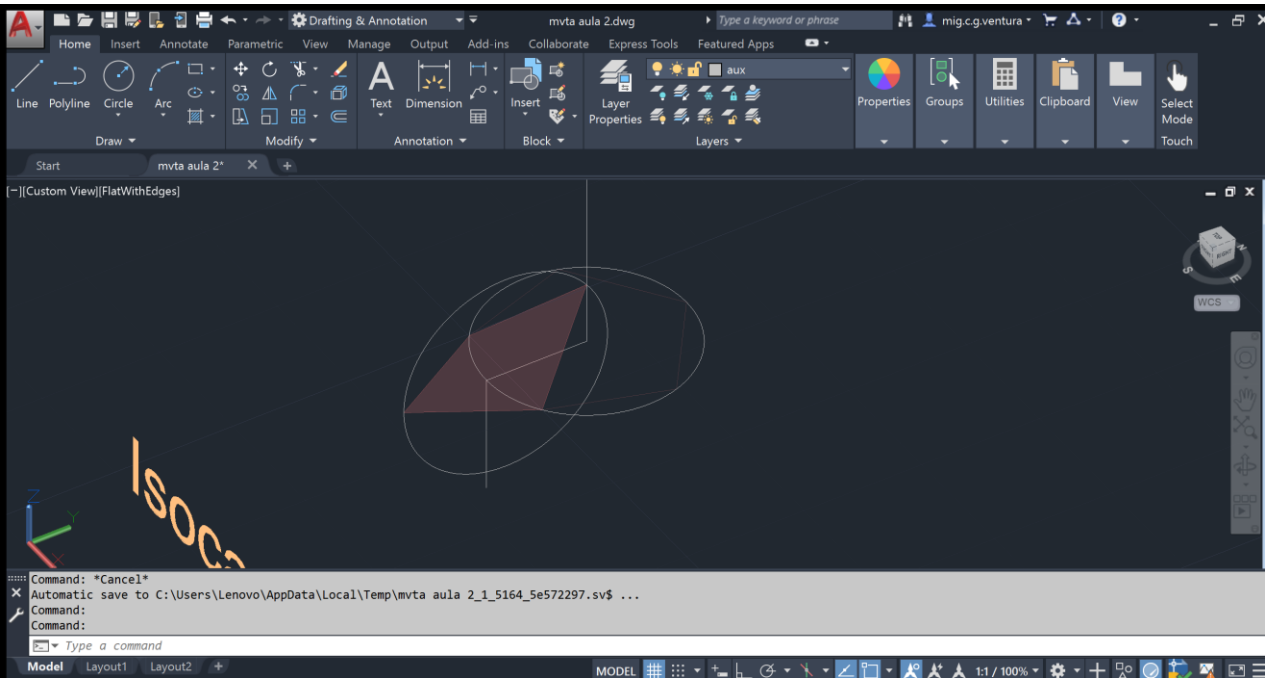


Figura 7: Rebatimento das faces.

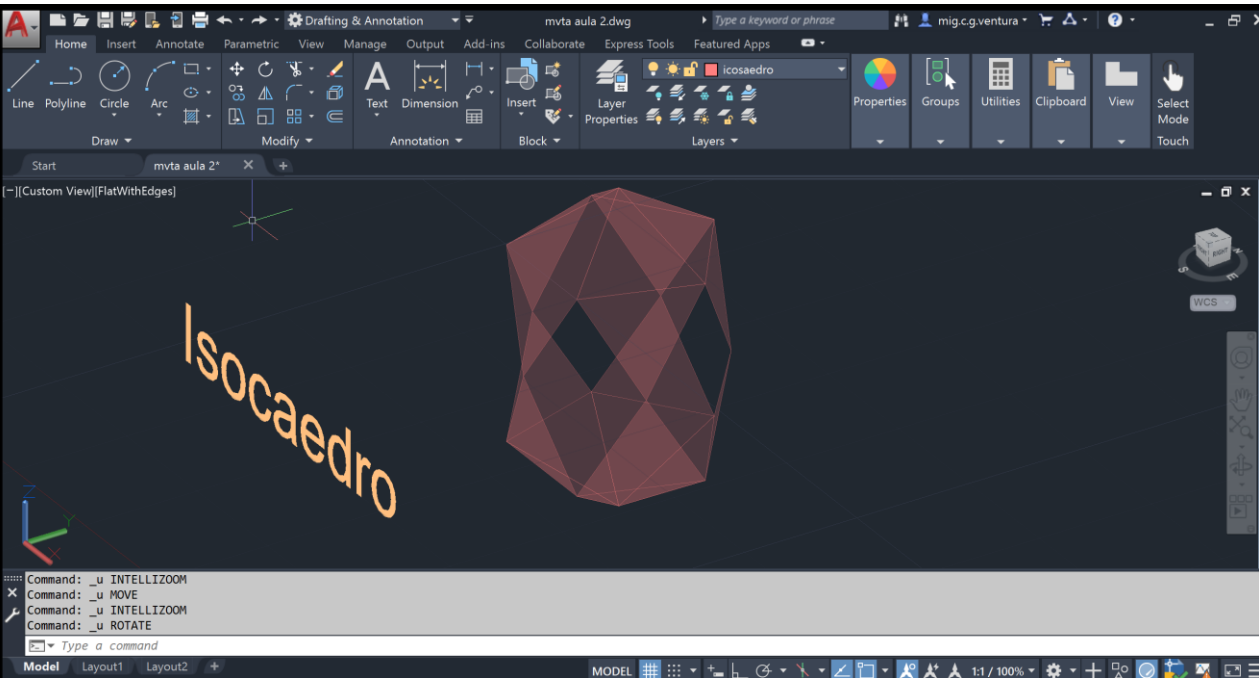


Figura 8: Comando *Array polar* e *3DMirror*

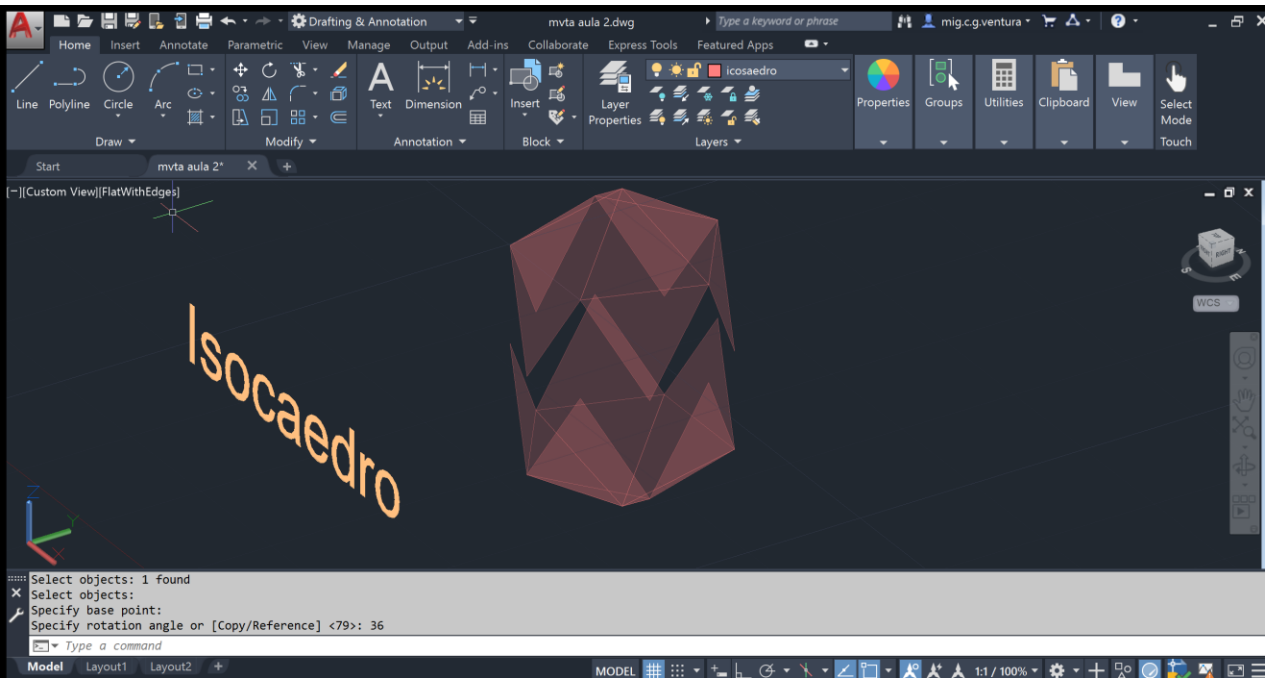


Figura 9: Encaixe do sólido.

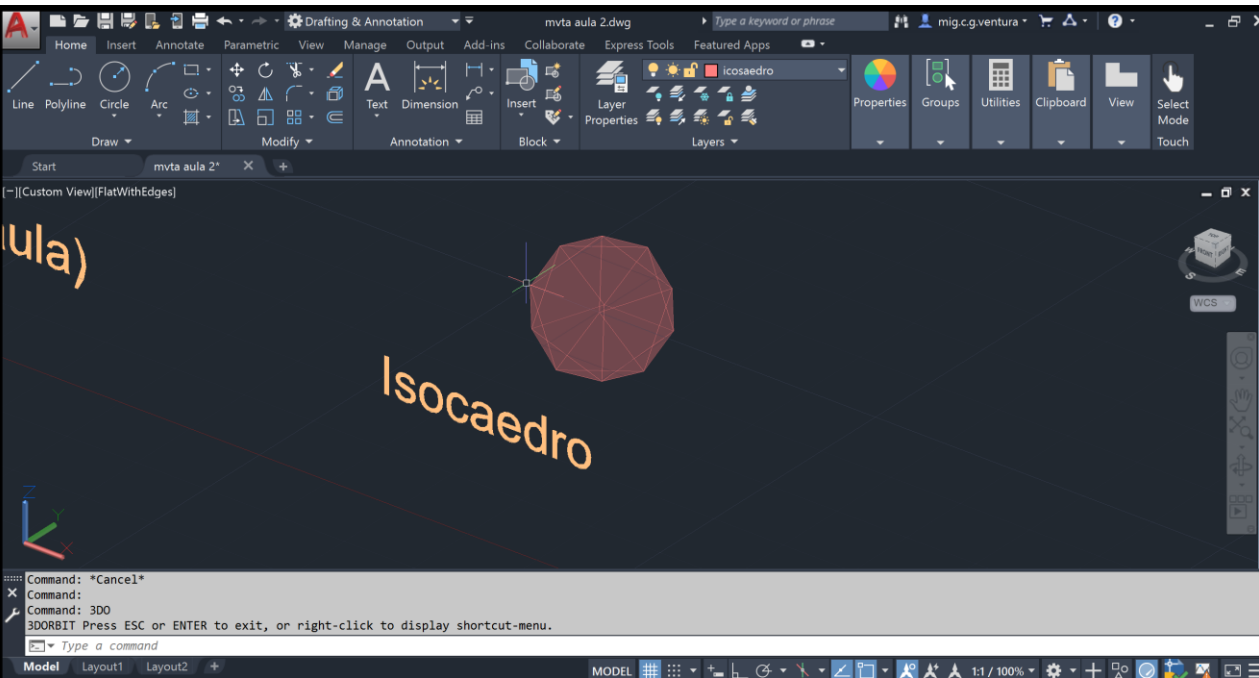


Figura 10: Finalização do exercício.

Exerc. 3.3. - Icosaedro

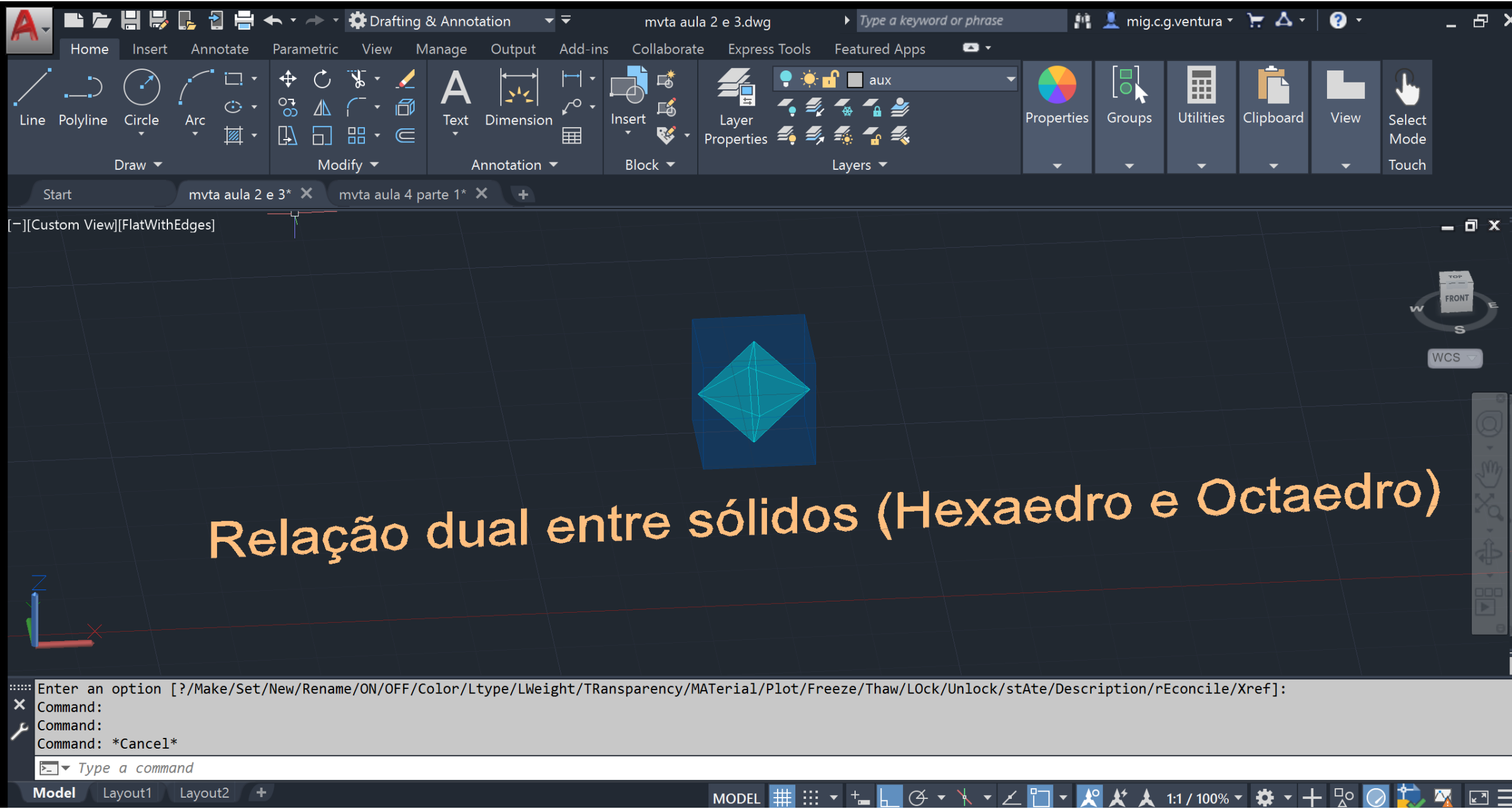


Figura 1:Relação dual entre Hexaedro e Octaedro

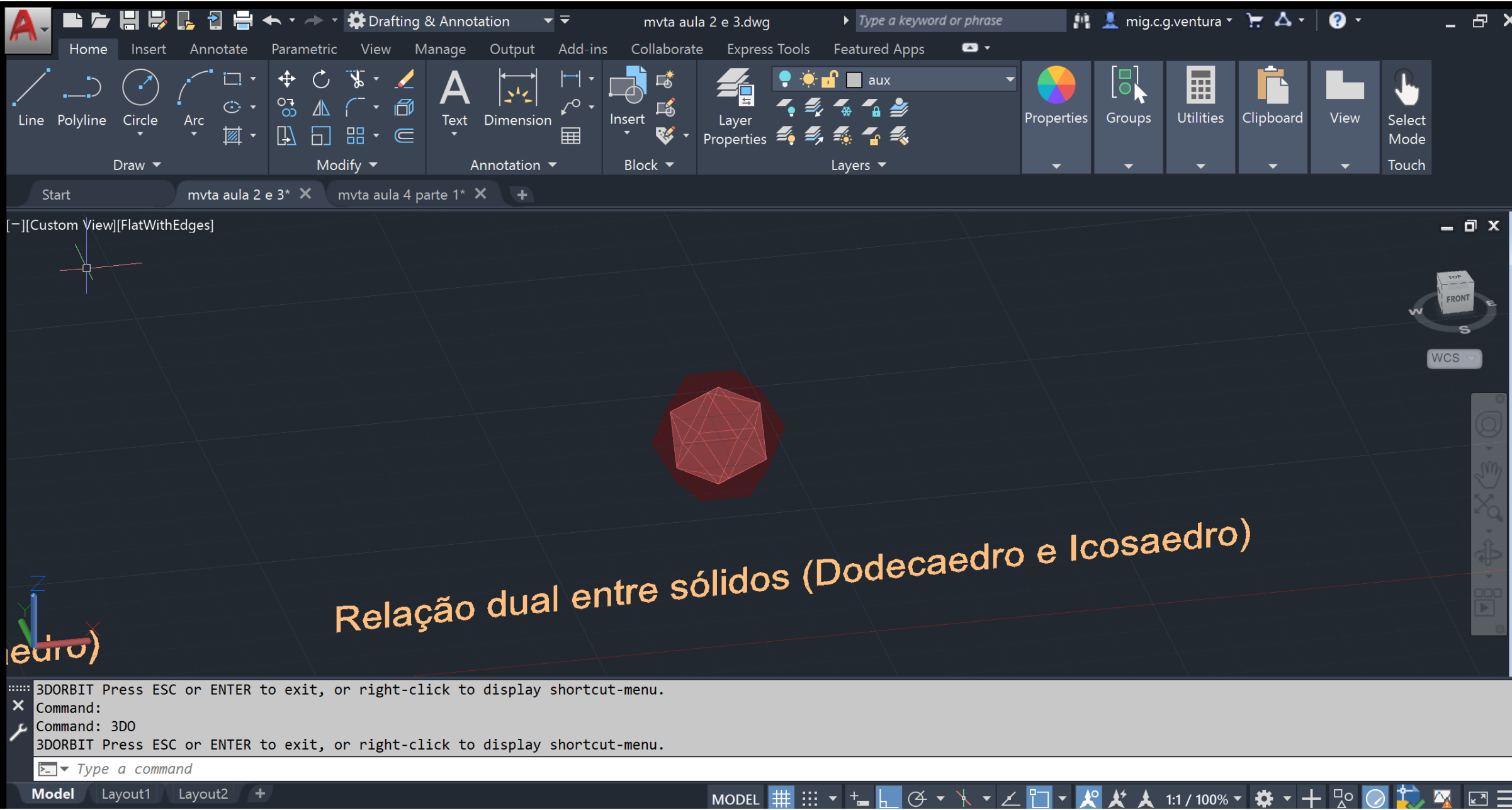


Figura 2: Relação dual entre Dodecaedro e Icosaedro

Exerc. 3.4. – Relação dual entre sólidos

Aula 4:

1. Exercícios de construção de **Cone e as suas secções resultantes**

Exercício 4. – Secções planas de um cone

1. Exercícios de construção de um Cone.

- O Cone começa-se por determinar através do seu raio e altura.
- De seguida cria-se a superfície com o comando *Shade*.
- De seguida, faz-se um *Copy* do Cone para uma unidade acima e, com auxílio do comando *Subtract*, que subtrai ao 1.º Cone o 2.º Cone.
- De forma, a criar um cone simétrico, recorremos ao comando *3DMirror* com a seleção de 3 pontos que definem o plano que permite realizar o objeto simétrico ao executado.

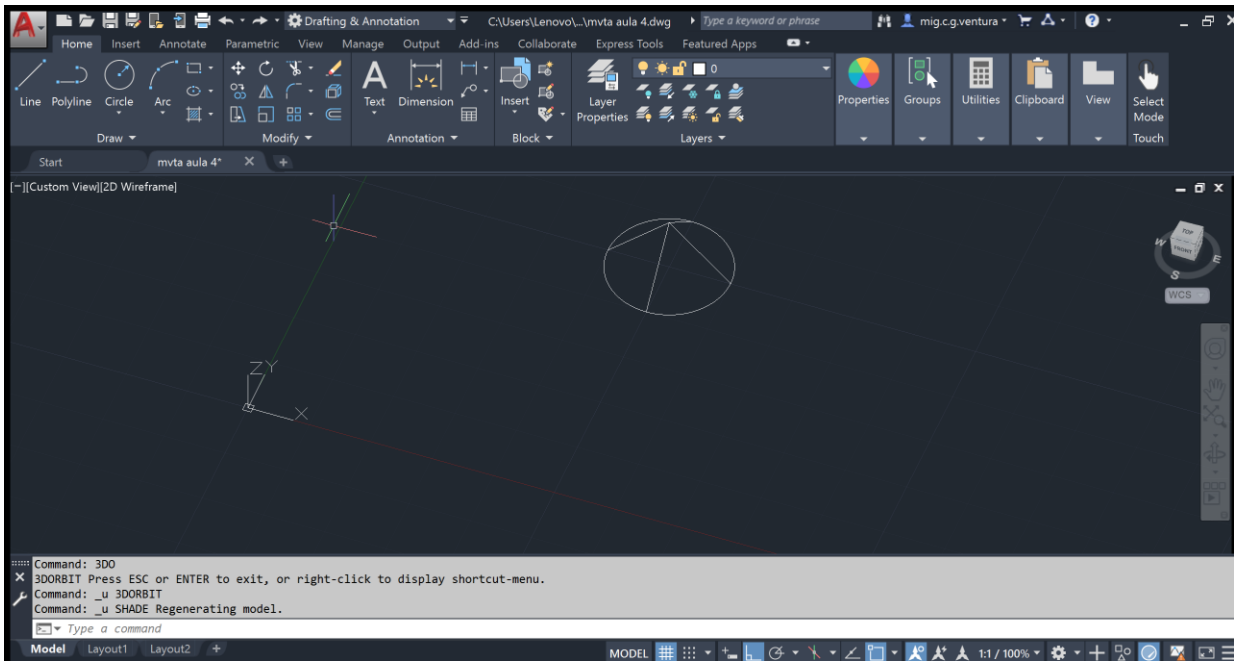


Figura 1: Estruturação do Cone

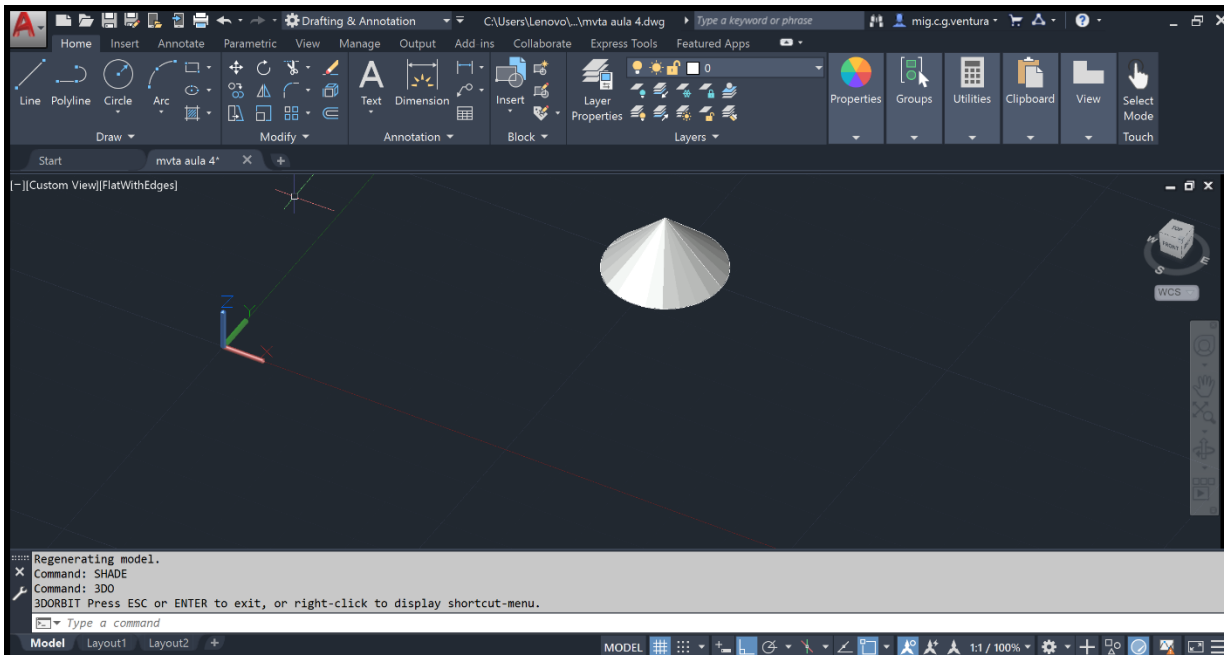


Figura 2: Shade no Cone para criar a superfície

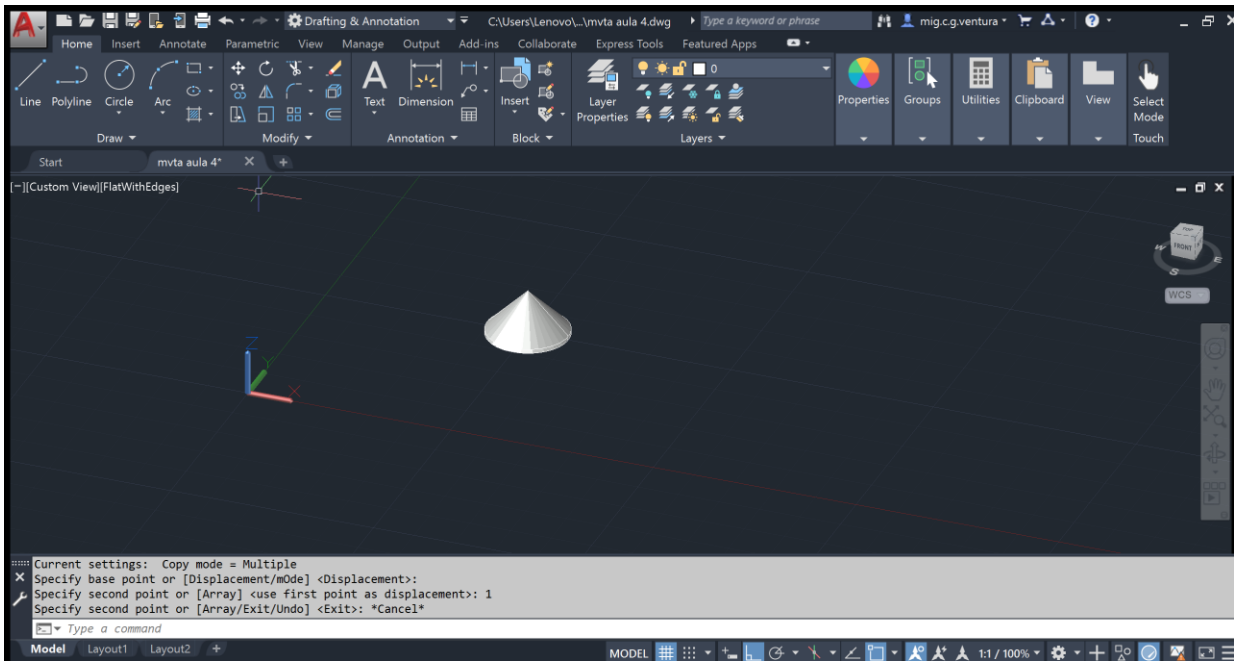


Figura 3: Comando *Subtract*

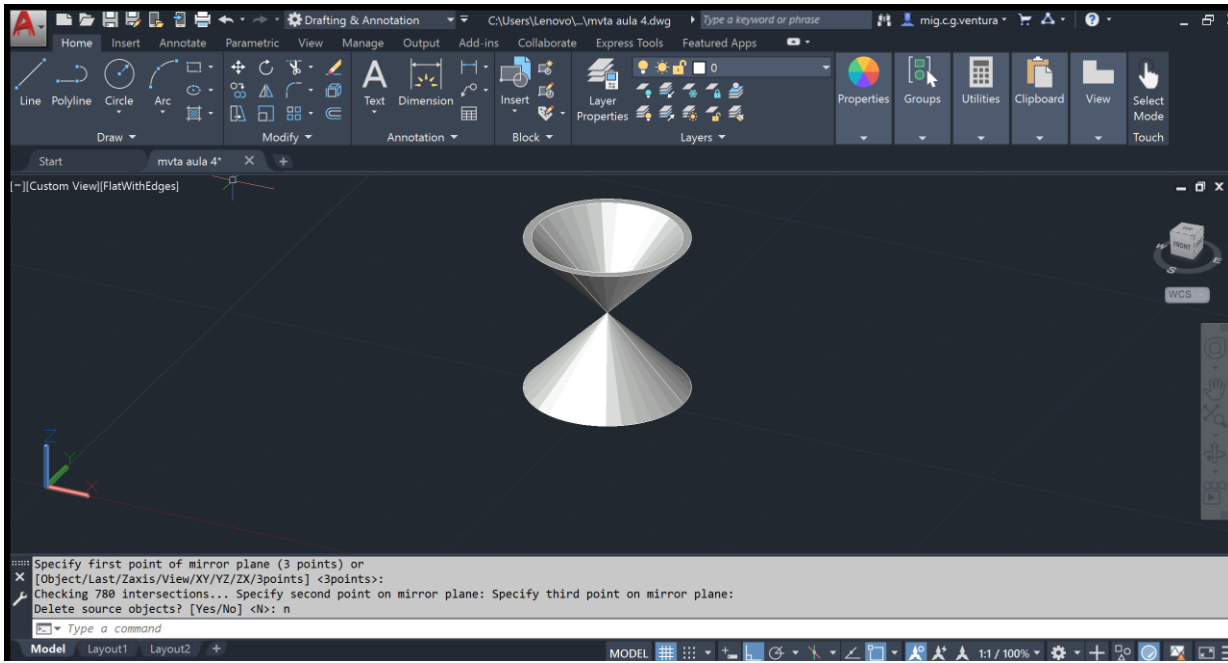


Figura 4: Finalização do Cone.

Exerc. 4. - Cone

2. Criação de planos secantes ao Cone

- Cria-se planos secantes com diferentes Layers que vão permitir identificar as secções produzidas pelos mesmos.
- Cria-se um plano horizontal a 3 unidades de altura, um vertical que passa pelo vértice do cone, outro vertical que passa no meio da superfície cónica, outro a 45º e ainda um que a 15º.
- Identifica-se a vermelho as secções produzidas pelos diferentes planos secantes

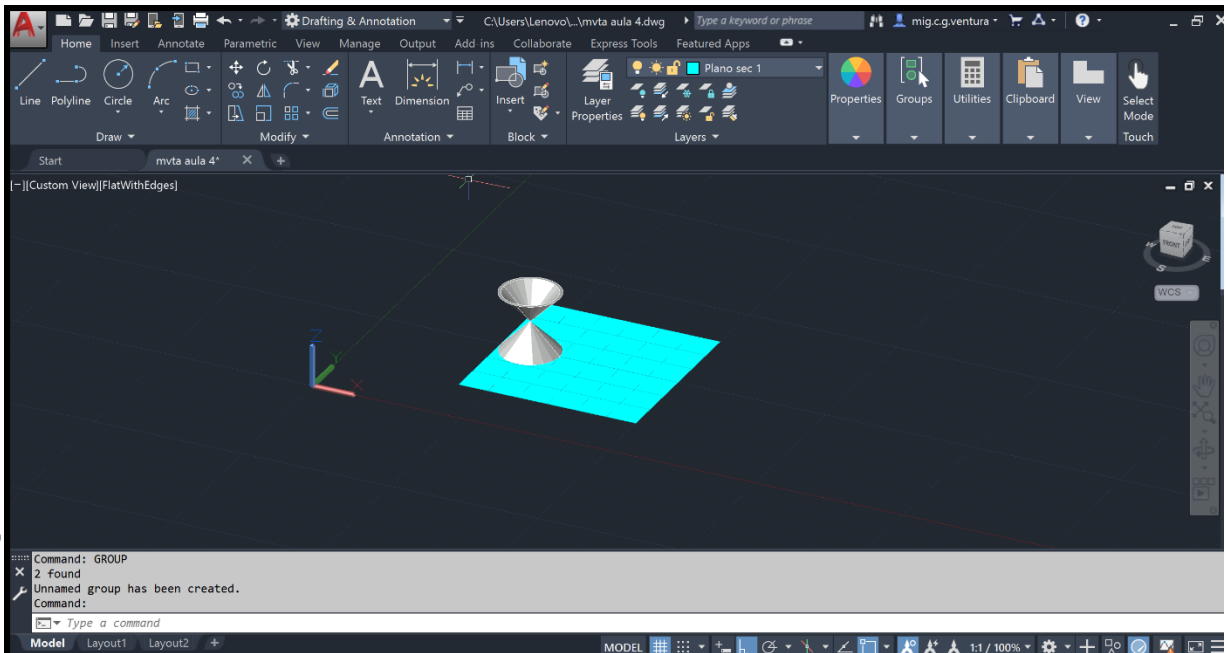


Figura 5: Criação de plano secante

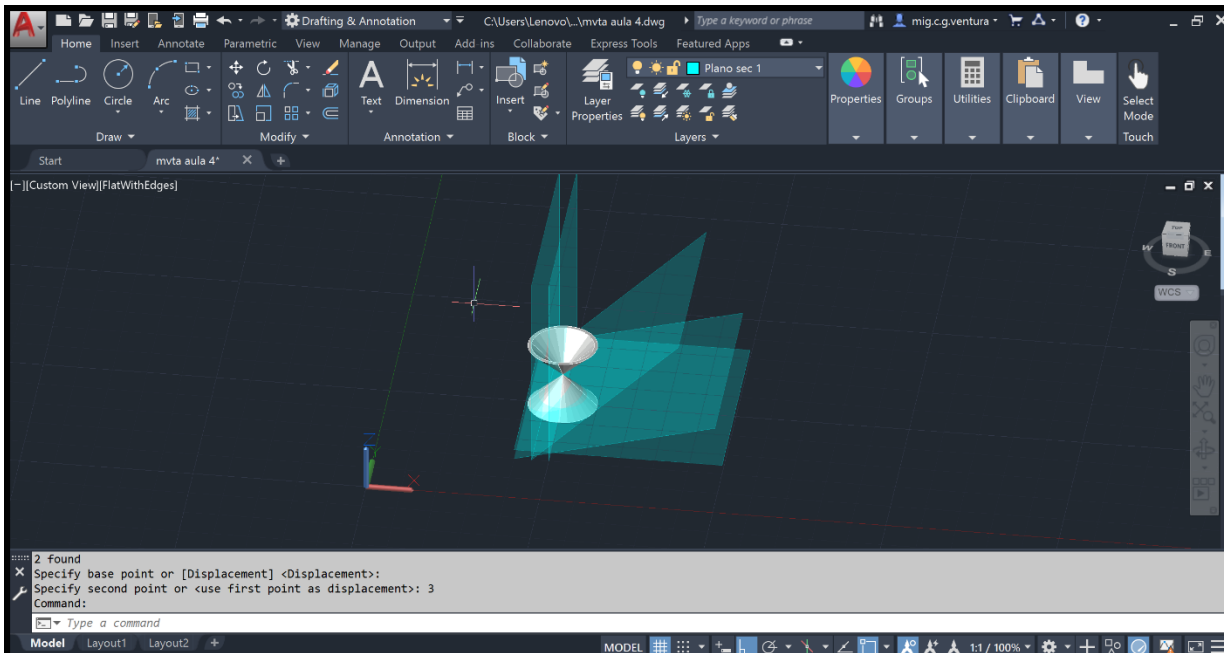


Figura 6: Planos secantes

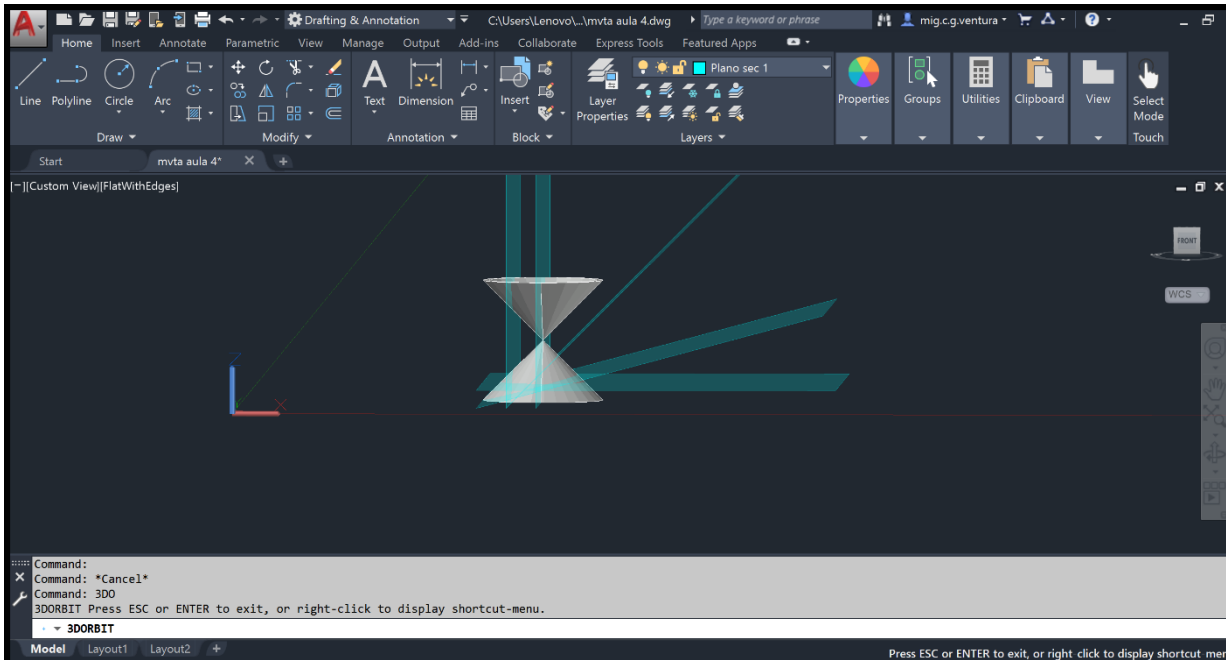


Figura 7: Planos secantes

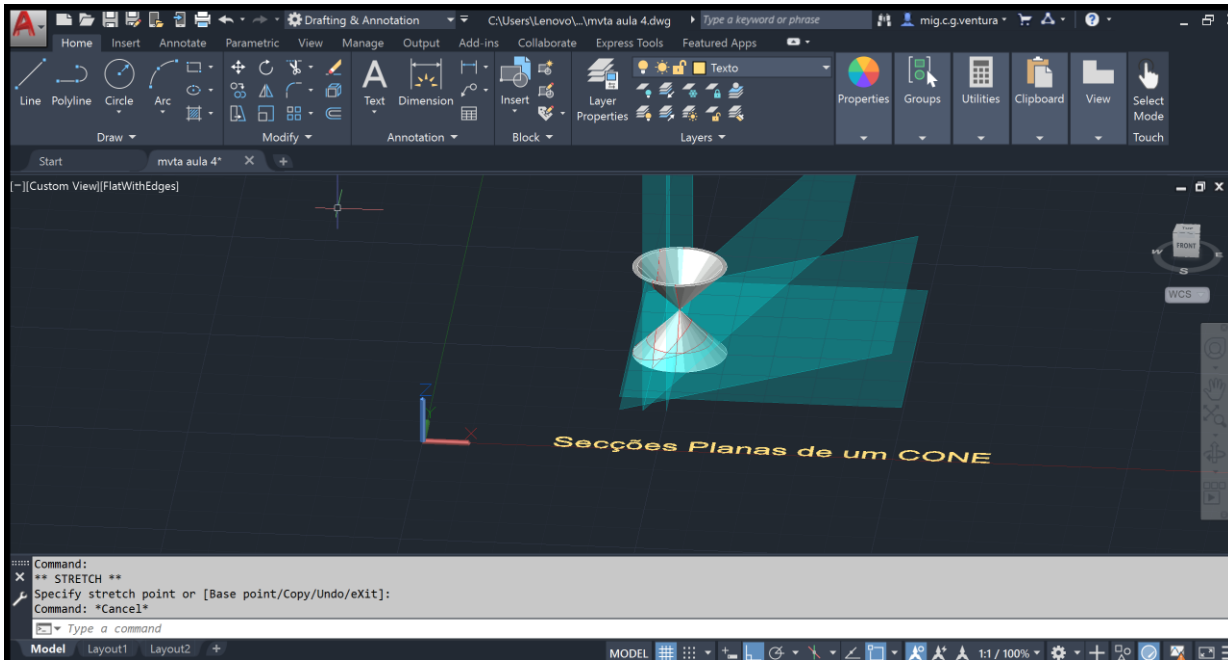


Figura 8: Secções produzidas pelos planos secantes

Exerc. 4. – Secções planas de um cone

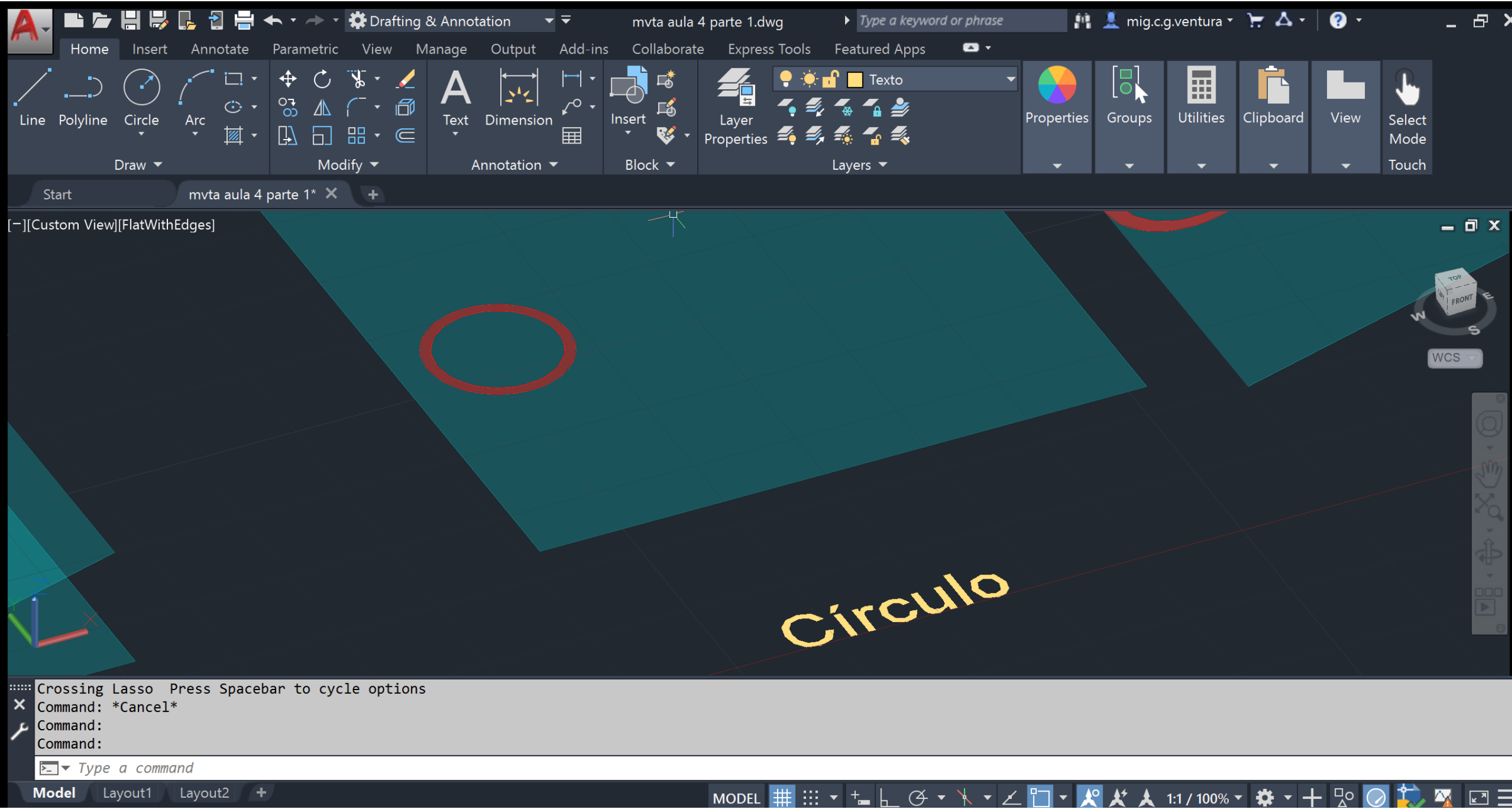


Figura 1:Secção do plano horizontal

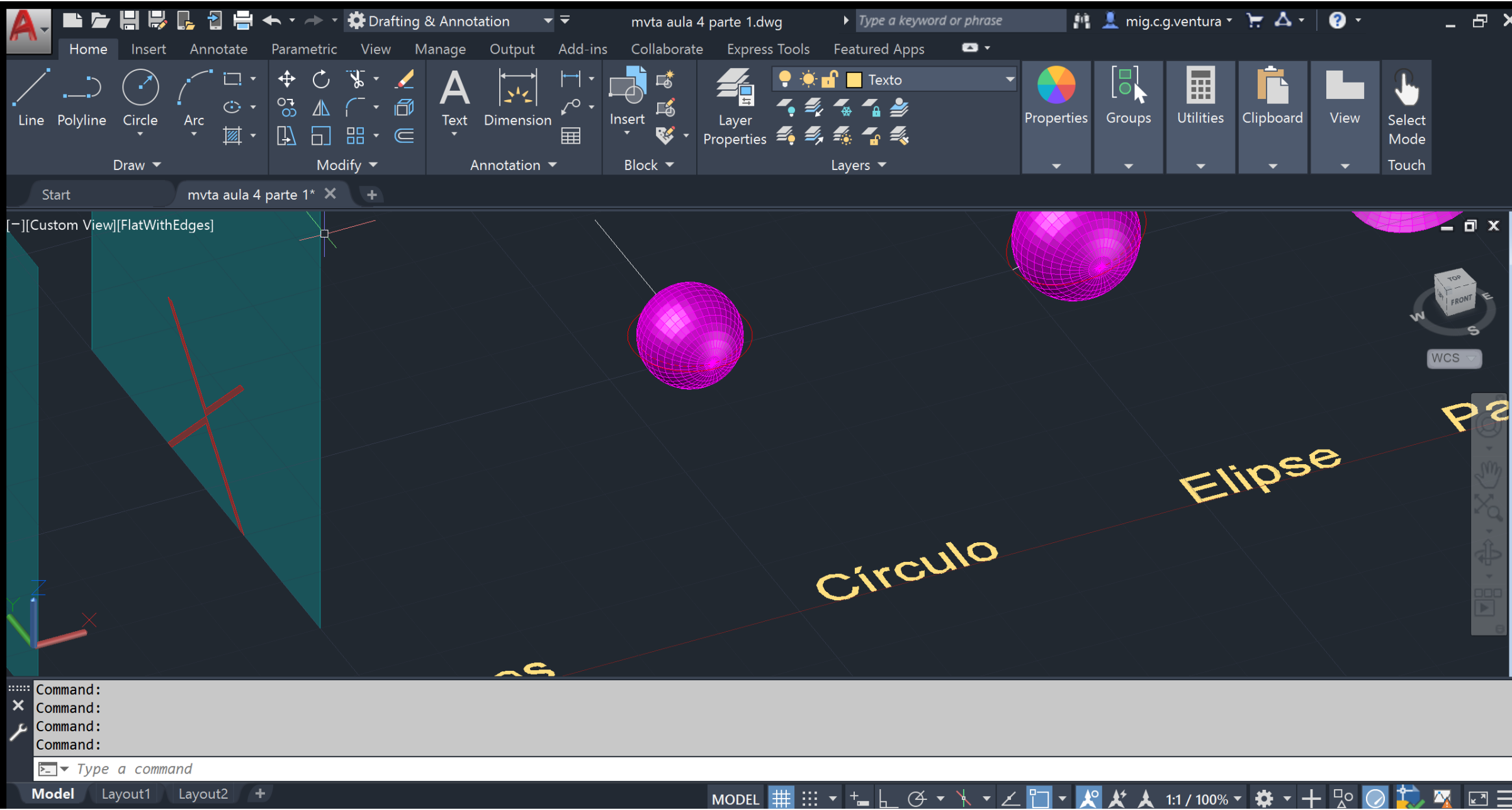


Figura 2: Superfície produzida pela secção

Exercício 4.1. – Círculo

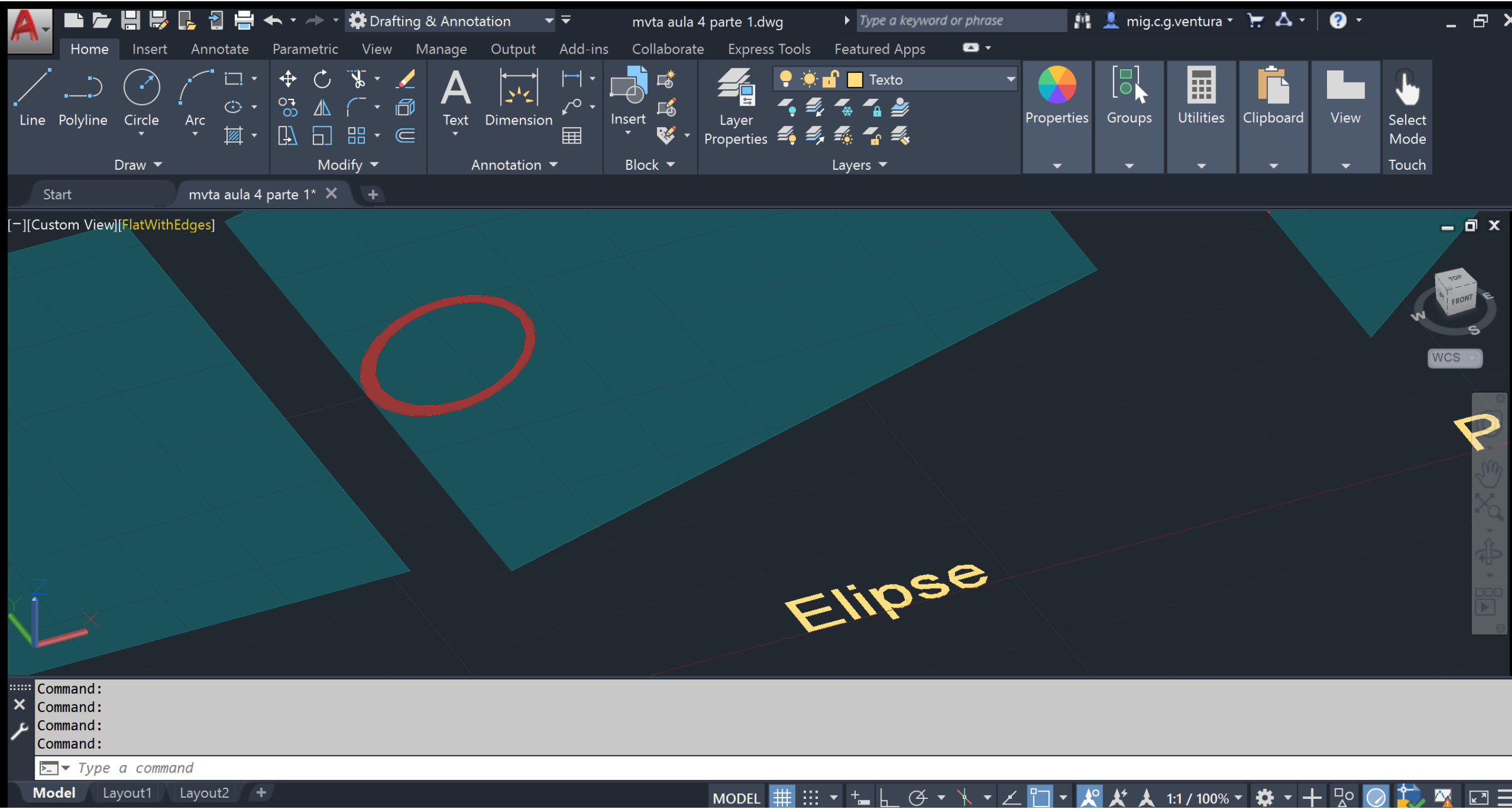


Figura 1:Secção do plano a 15º

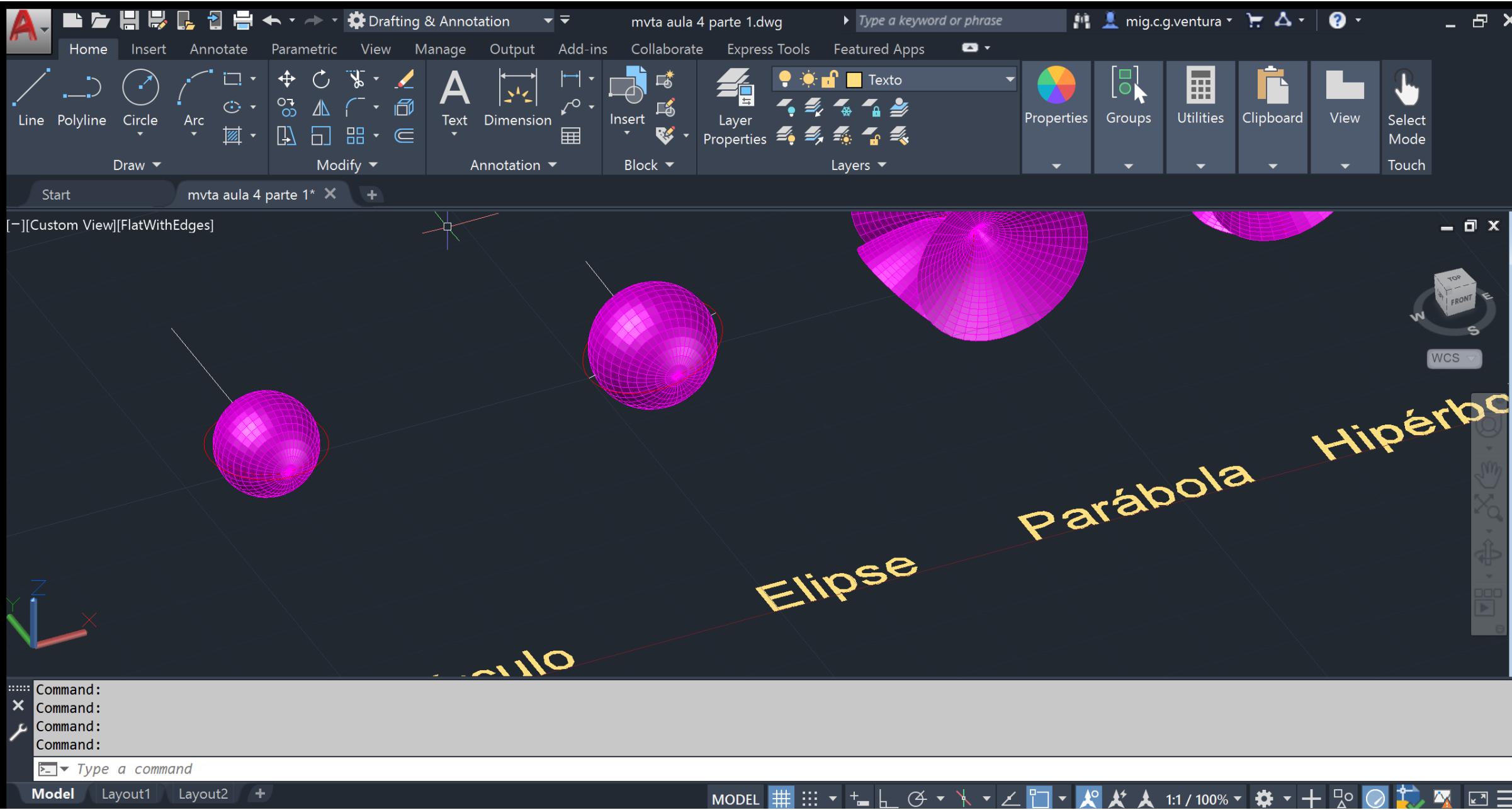


Figura 2: Superfície produzida pela secção

Exercício 4.2. – Elipse

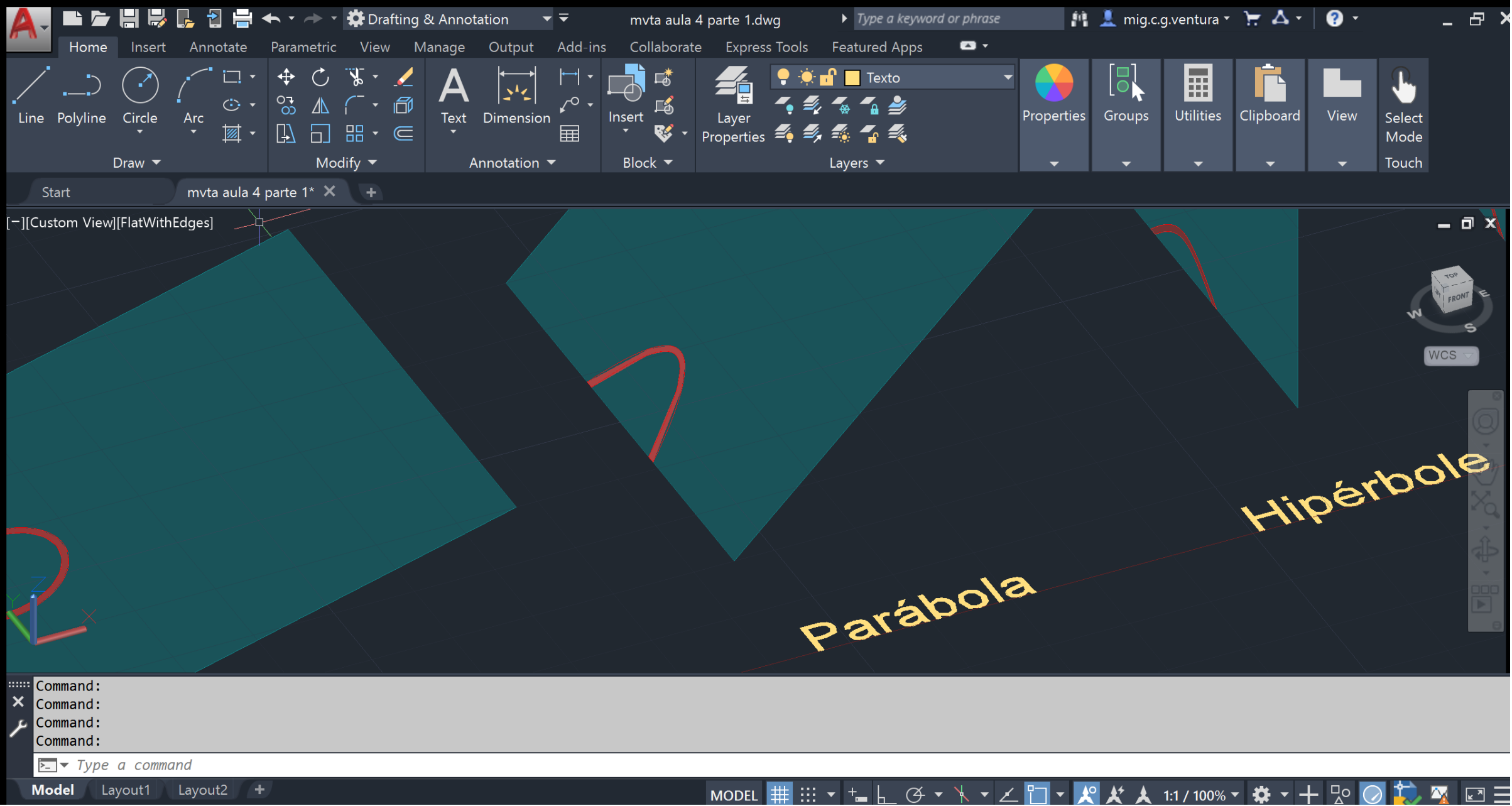


Figura 1:Secção do plano a 45º

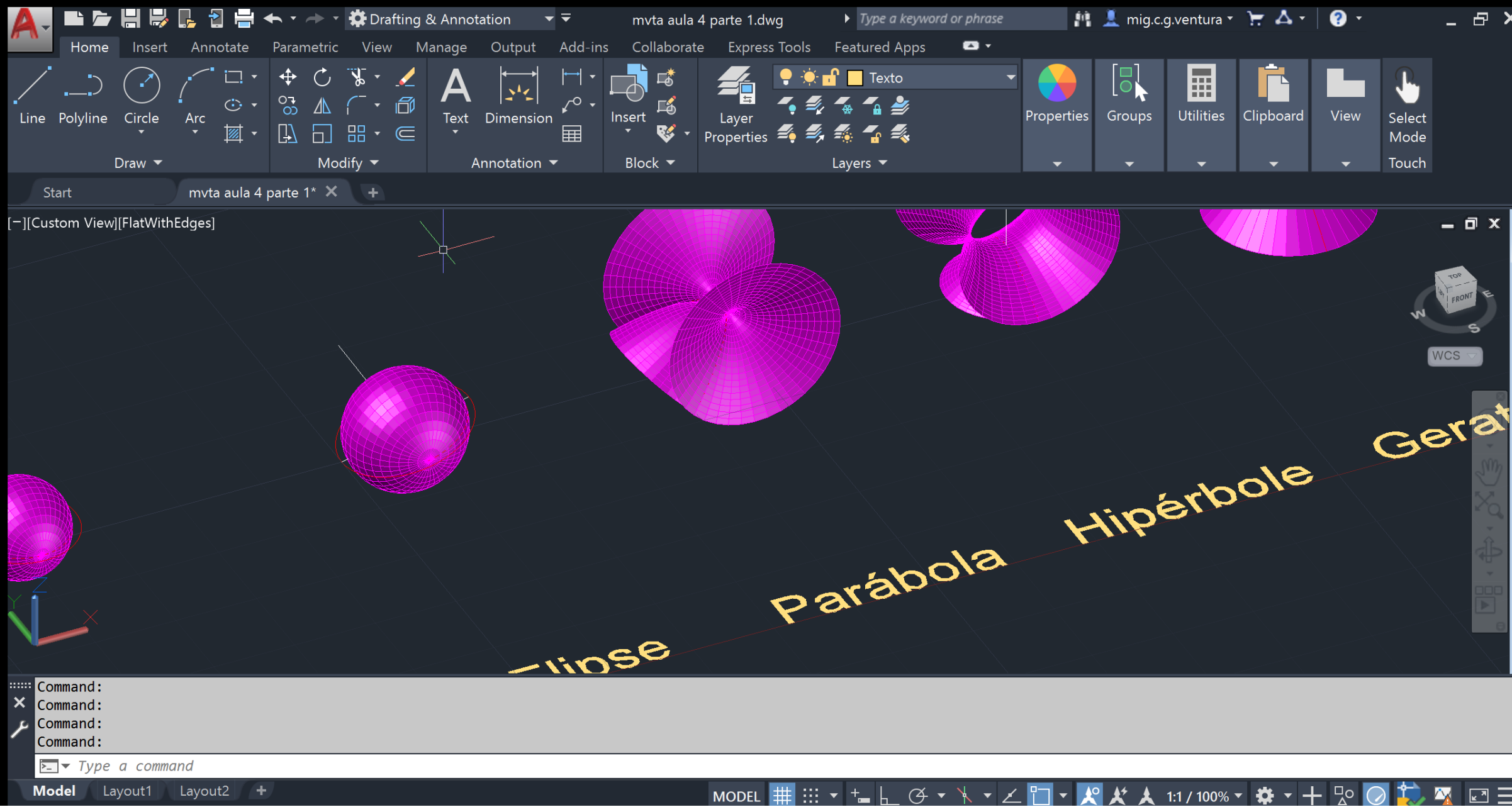


Figura 2: Superfície produzida pela secção

Exercício 4.3. – Parábola

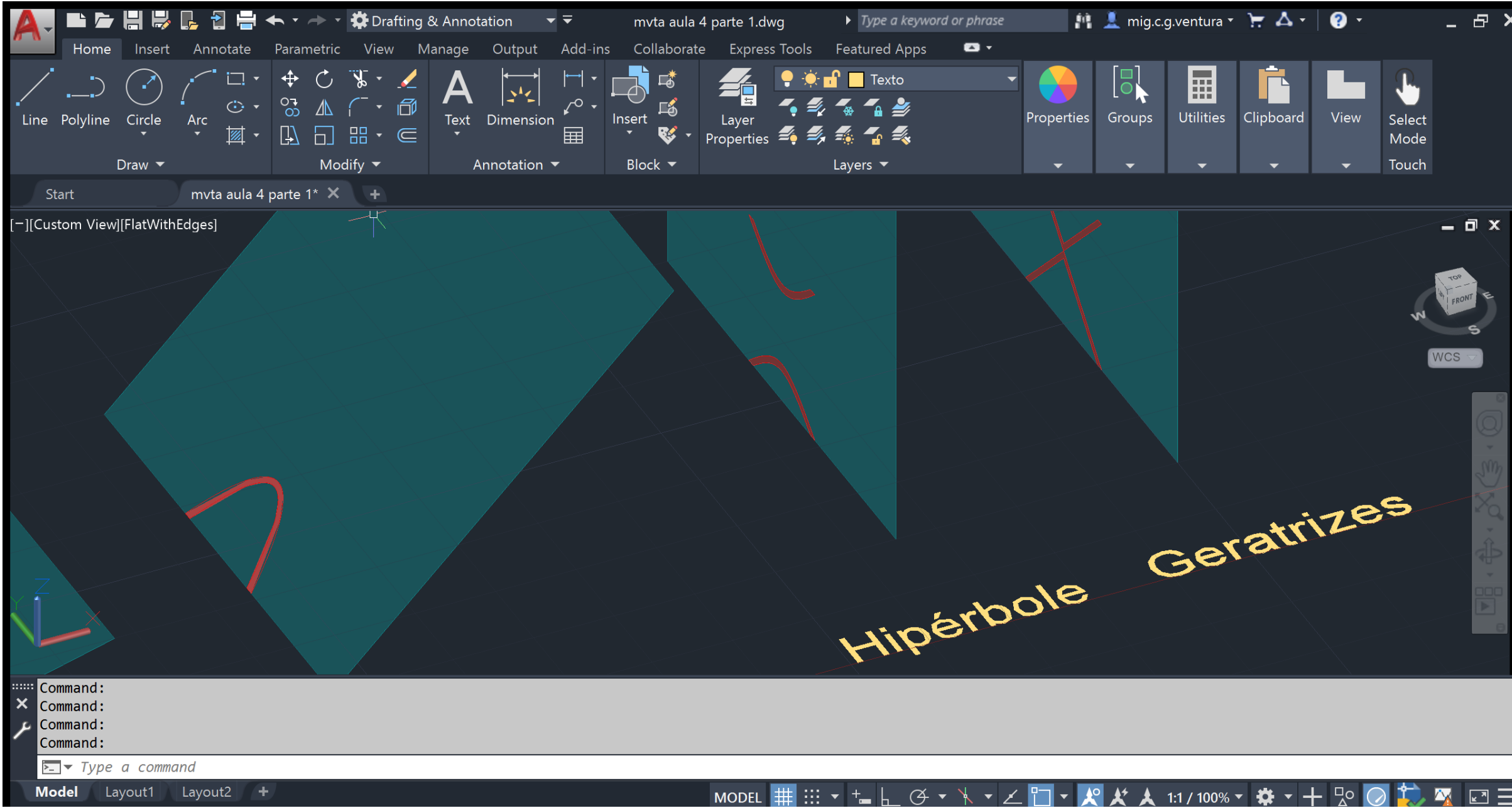


Figura 1: Secção do plano vertical na superfície cônica

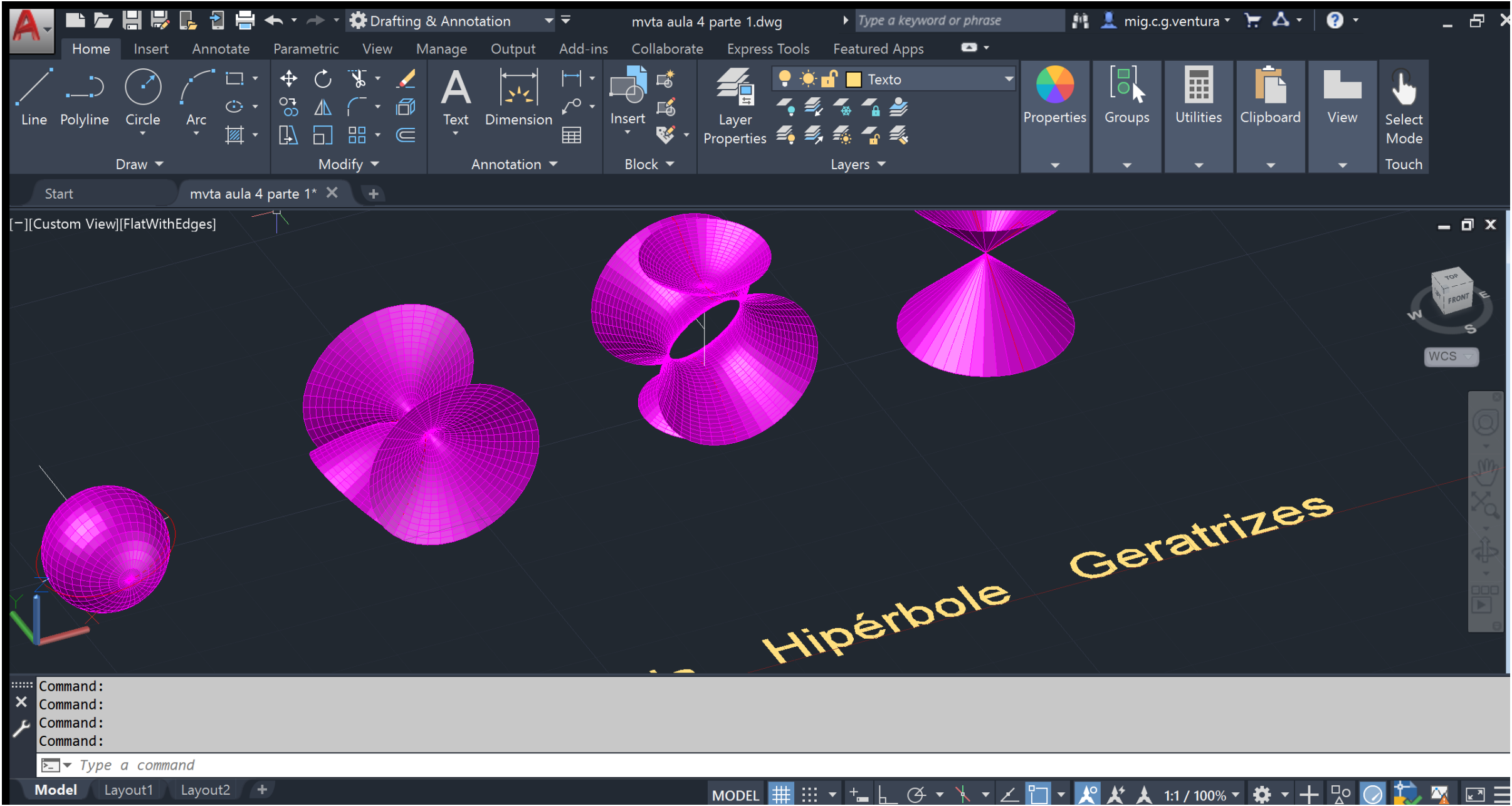


Figura 2: Superfície produzida pela secção

Exercício 4.4. – Hipérbole

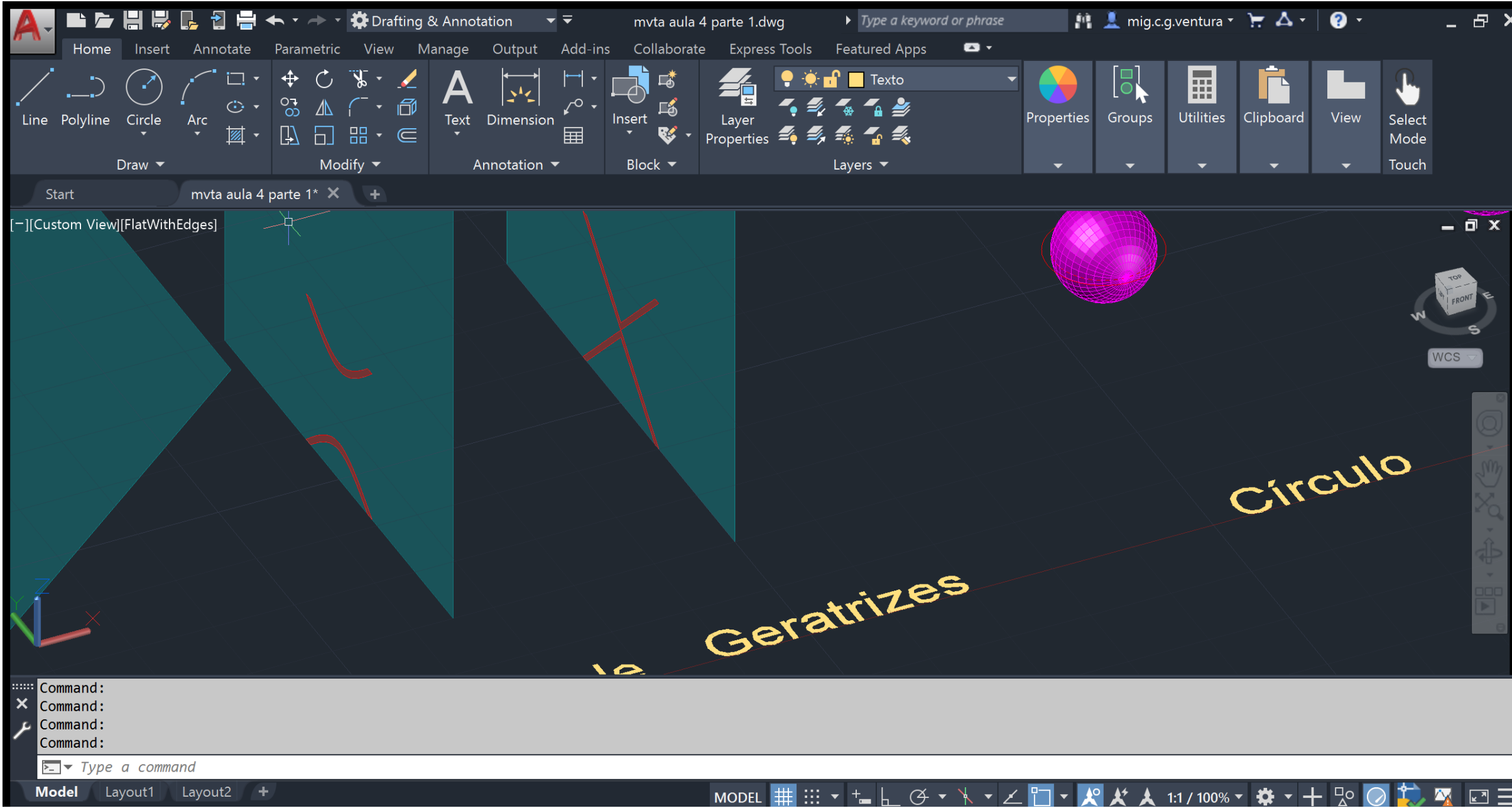


Figura 1:Secção do plano vertical a passar pelo vértice do Cone

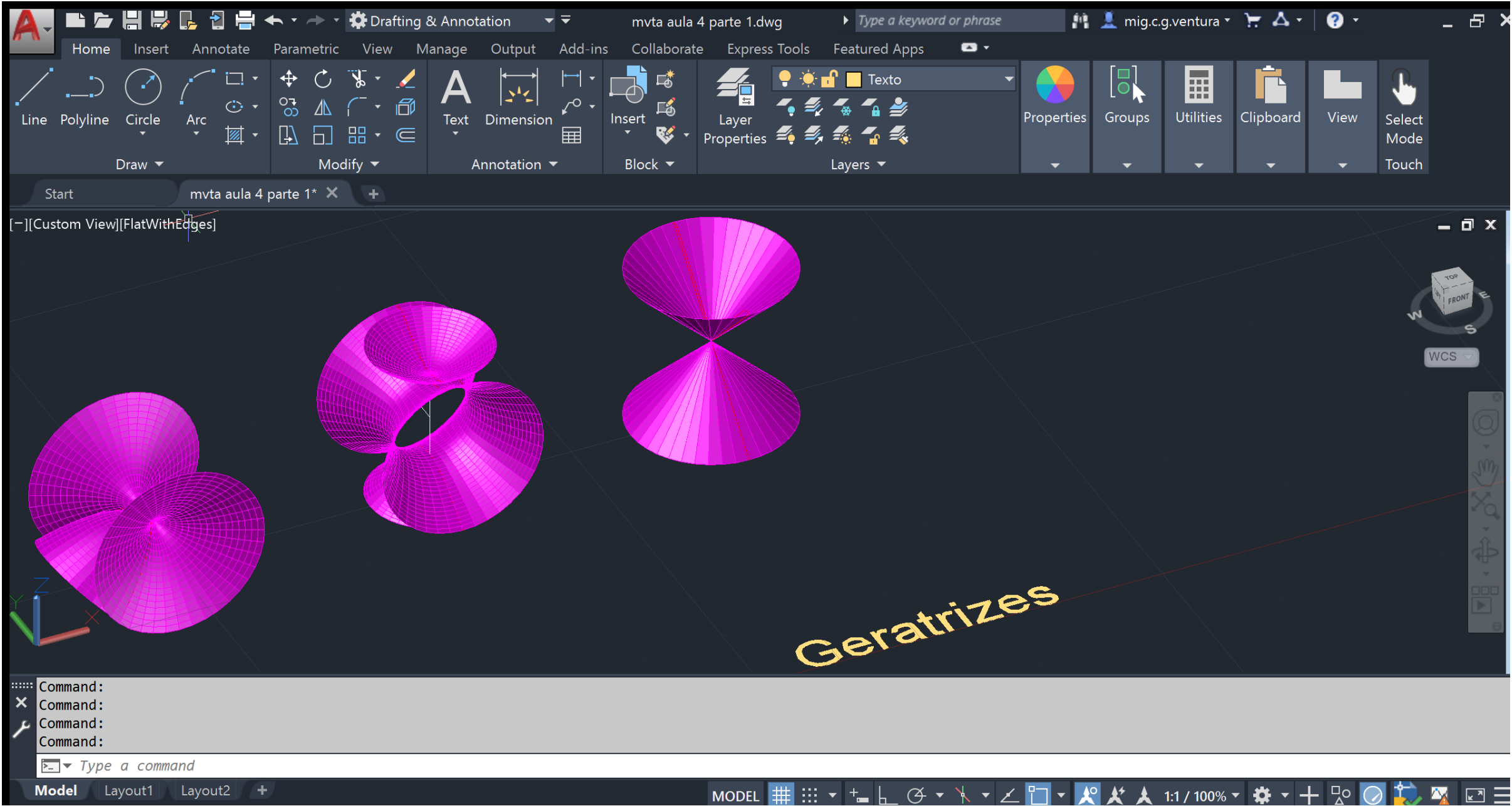


Figura 2: Superfície produzida pela secção

Exercício 4.5. – Geratriz

Aula 5:

1. Exercício de **definição do código da função Xad e aplicação no AutoCad**
2. **Hiperboloide e paraboloides de revolução**
3. Exercícios de **Operações Booleanas**

Exercício 5. – Hiperboloide e Paraboloides de revolução

1. Exercício de definição do código da função Xad e aplicação no AutoCad

- Definição da função Xad. (defun c:Xad).
- Comando box que permite a criação do módulo que serve de base para a construção do tabuleiro de Xadrez (command "box" "0,0,0" "10,10,10")
- De seguida, multiplicação do módulo através do comando *Mirror* (command "mirror" "all" "" "10,0" "10,10" "")
- Recorrendo ao comando *Chprop*, muda-se a cor de um dos módulos para existir contraste entre estas (command "chprop" "previous" "" "c" "1" "").
- Por fim, multiplicação das células para se formar o tabuleiro através do comando *Array* (command "array" "all" "" "R" "4" "4" "20" "20" "").
- Guardar a função como list processing language file (xad.lsp)
- Fazer comando *Appload* e *Load* no AutoCad.
- Para concluir, realizar um *Shade* no objeto.

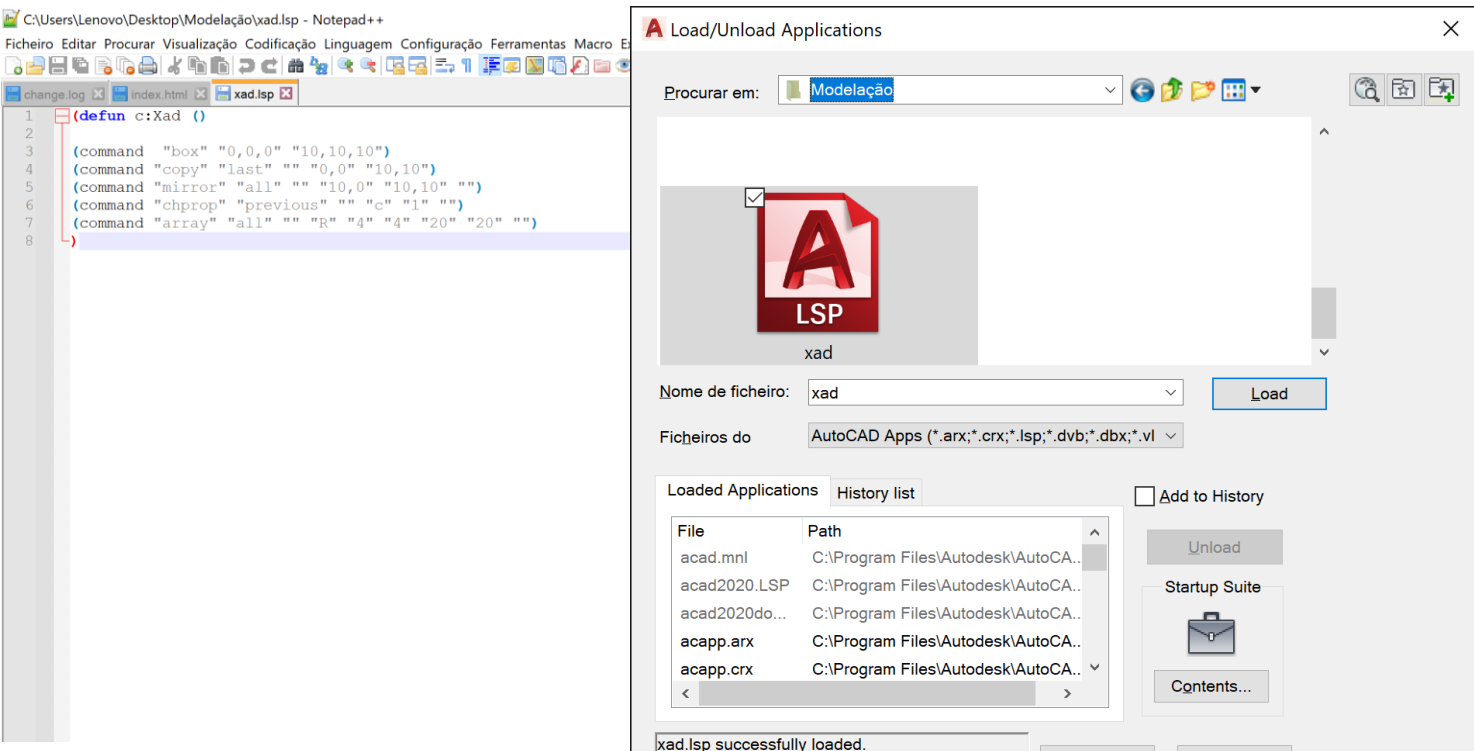


Figura 1: Construção do código para a função Xad

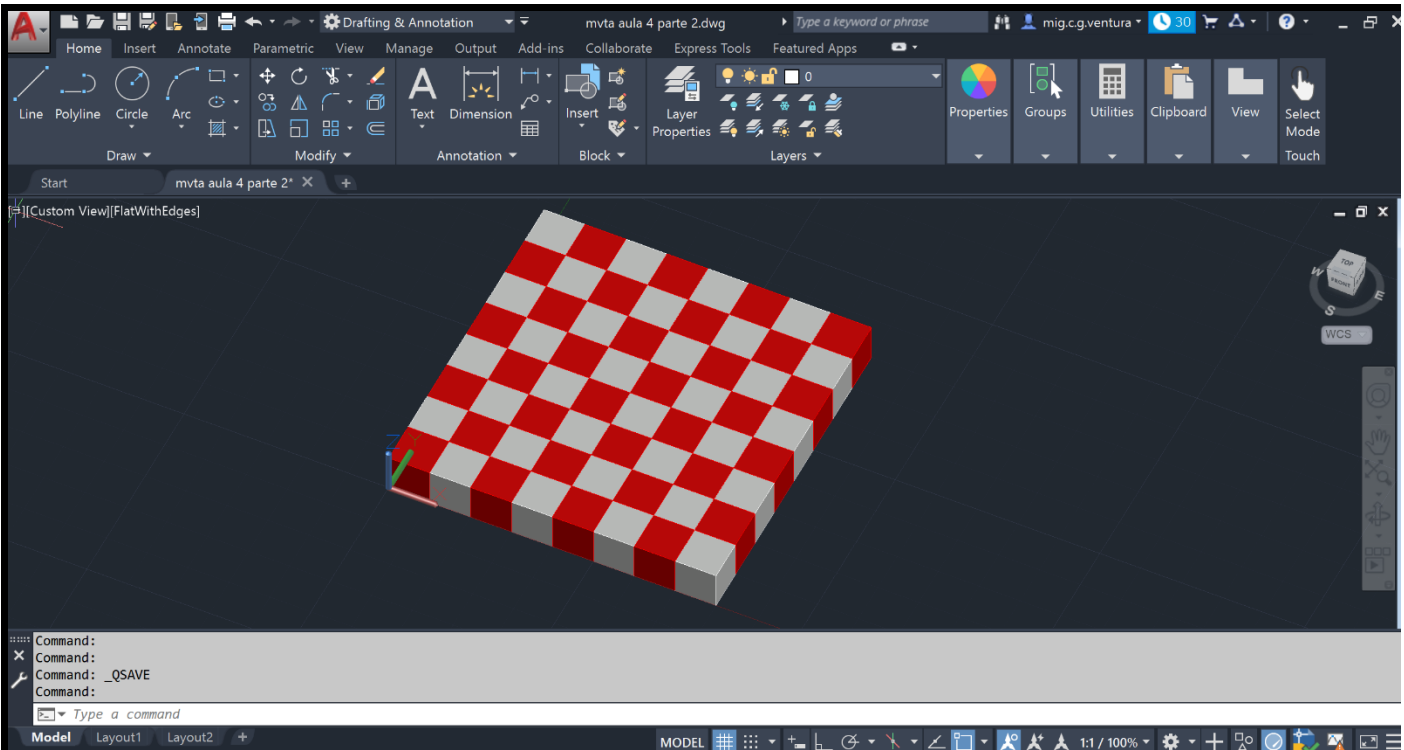


Figura 2: Aplicação da função Xad no AutoCad

Exerc. 5.1. – Função Xad

1. Exercícios de construção de um Hiperboloide de revolução

- O Hiperboloide de revolução começa-se por desenhar com base nas secções da aula anterior onde através do comando *RevSurf* e *SurfTab* se origina a superfície pretendida.
- Através deste método pode-se colocar também uma espessura na superfície com o comando *Thickness*.
- Também se pode recorrer a outro método, a partir da geometria, para realizar esta superfície duplamente regrada, em que através do Círculo de Gola, uma linha auxiliar, se rotaciona à volta do centro Diretrizes, quer para a esquerda quer para a direita, que permitem a criação do Hiperboloide de Revolução.

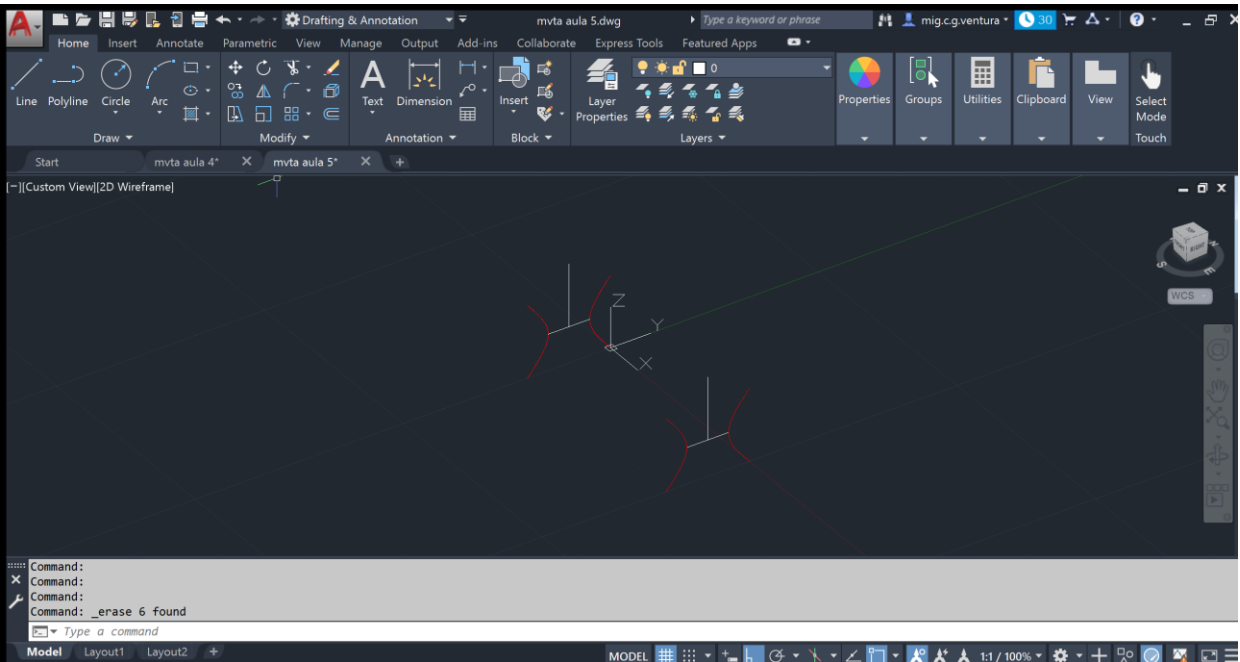


Figura 3: Secções da aula anterior.

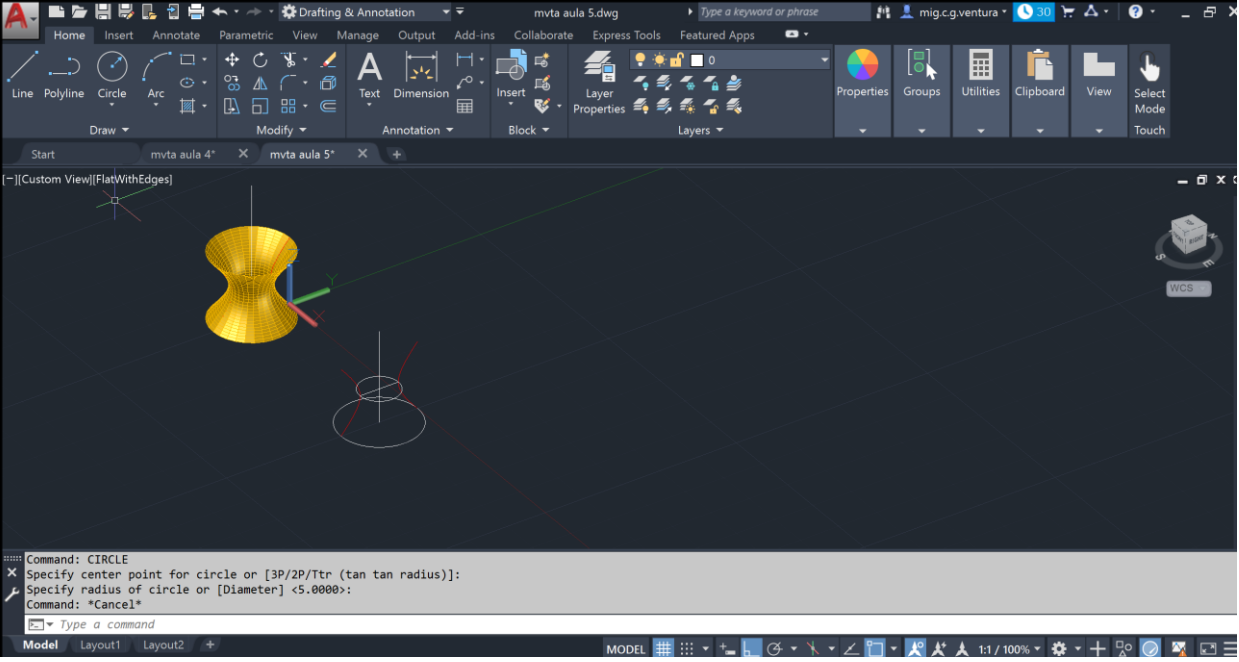


Figura 4: Conclusão do Hiperboloide de Revolução.

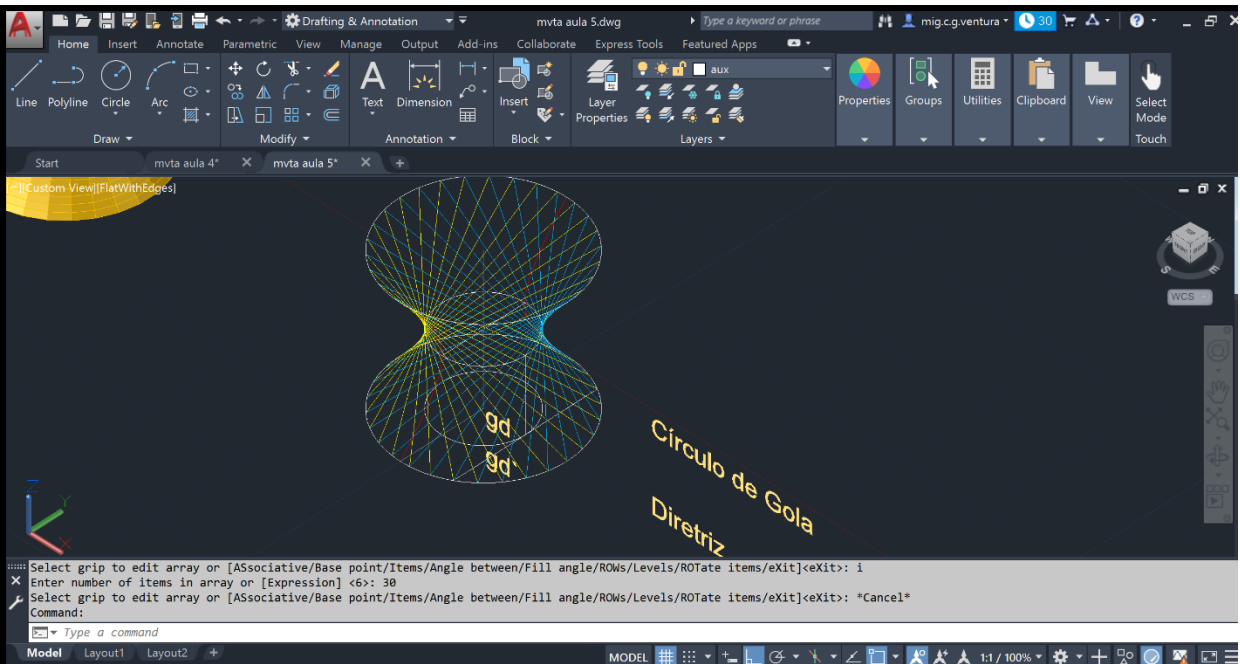


Figura 5: Rotação da diretriz pelo círculo de gola

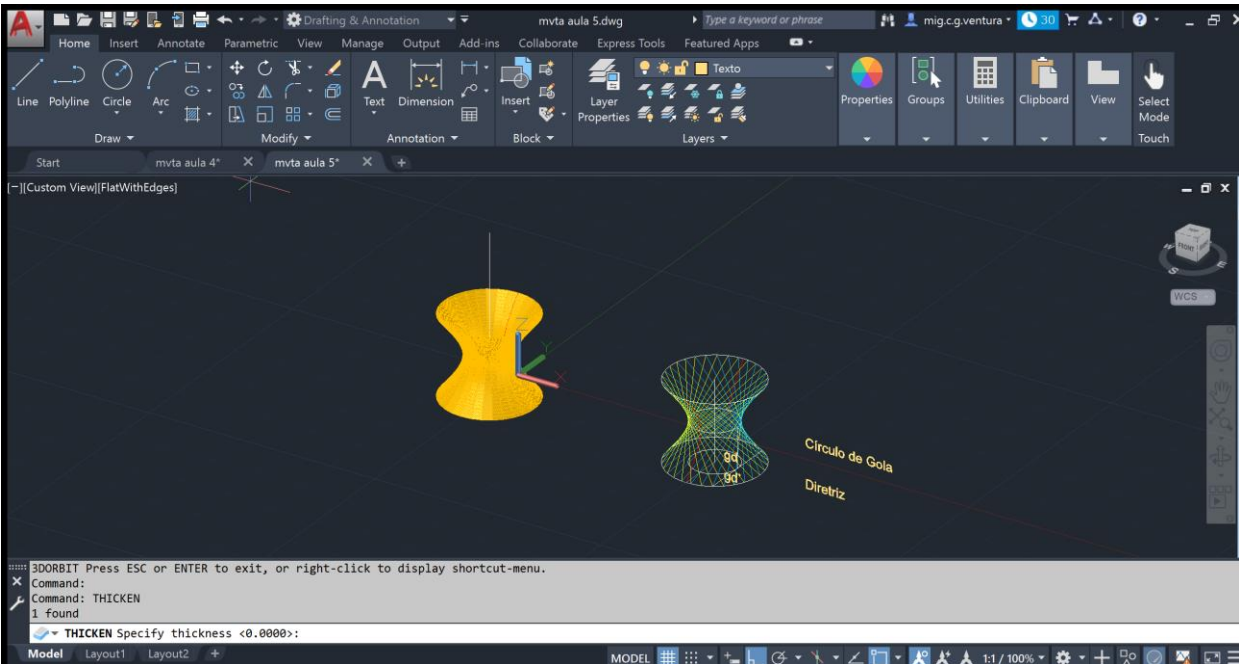


Figura 6: Conclusão do Hiperboloide de Revolução.

Exerc. 5.2. – Hiperboloide de revolução

1. Exercícios de construção de um Paraboloide de revolução

- O Paraboloide de revolução começa por inscrever-se numa box em que as arestas do paraboloides são as diagonais da face.
- Cria-se uma superfície e obtém-se o Paraboloide de revolução

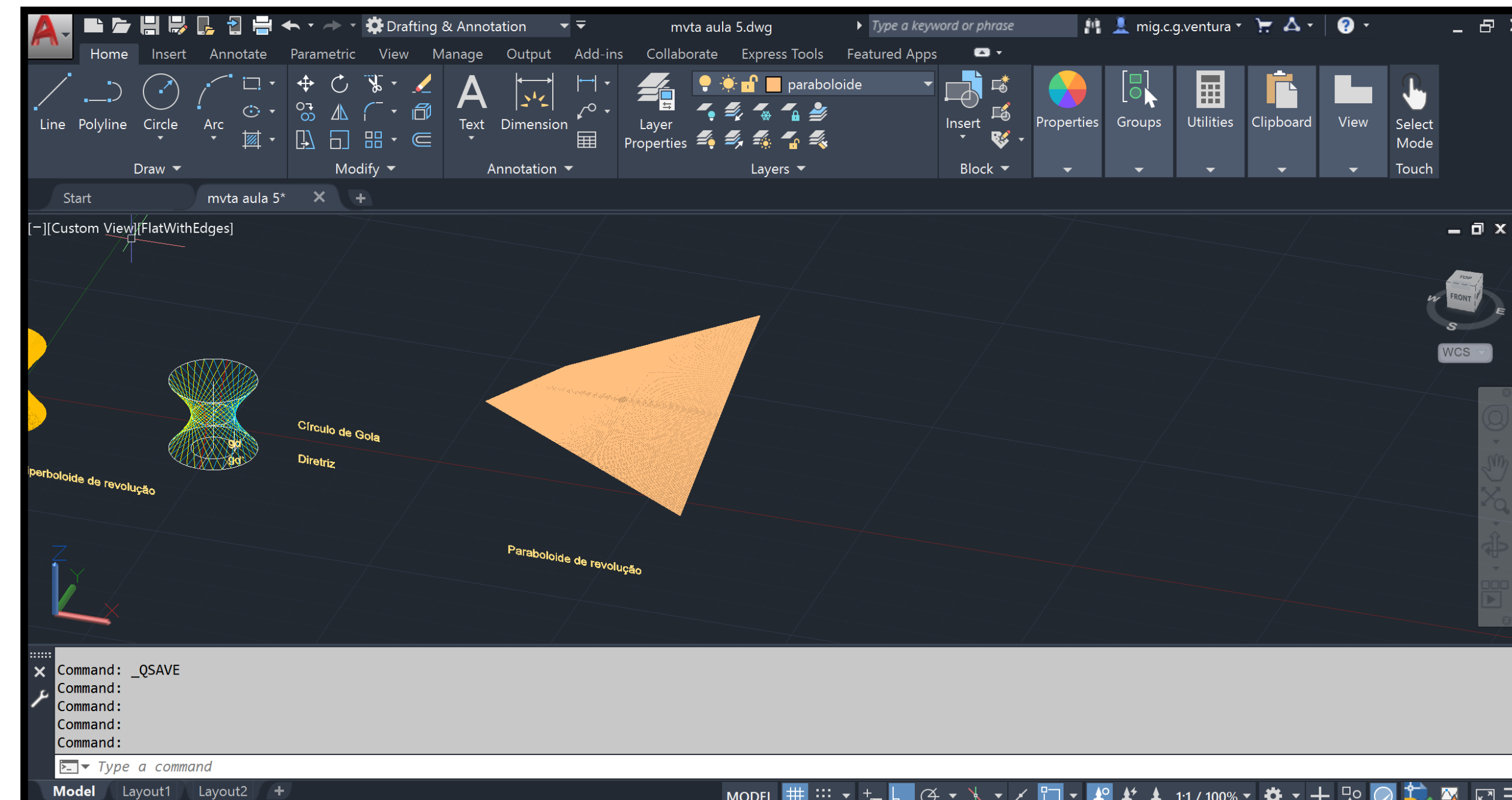


Figura 7: Paraboloide de Revolução.

Exerc. 5.3. – Paraboloide de revolução

1. Exercícios de Operações Booleanas - subtração.

- Este exercício inicia-se pela construção de uma superfície curva que se origina com o comando *Loft*, uma vez que este cria uma superfície através de circunferências que se encontram com os centros não alinhados uns com os outros.
- Com o recurso ao comando *Box* criam-se paralelepípedos que intersetem a superfície.
- Com recurso ao comando *Subtract*, retira-se à superfície o paralelepípedo criado, originando uma operação Booleana, a subtração.

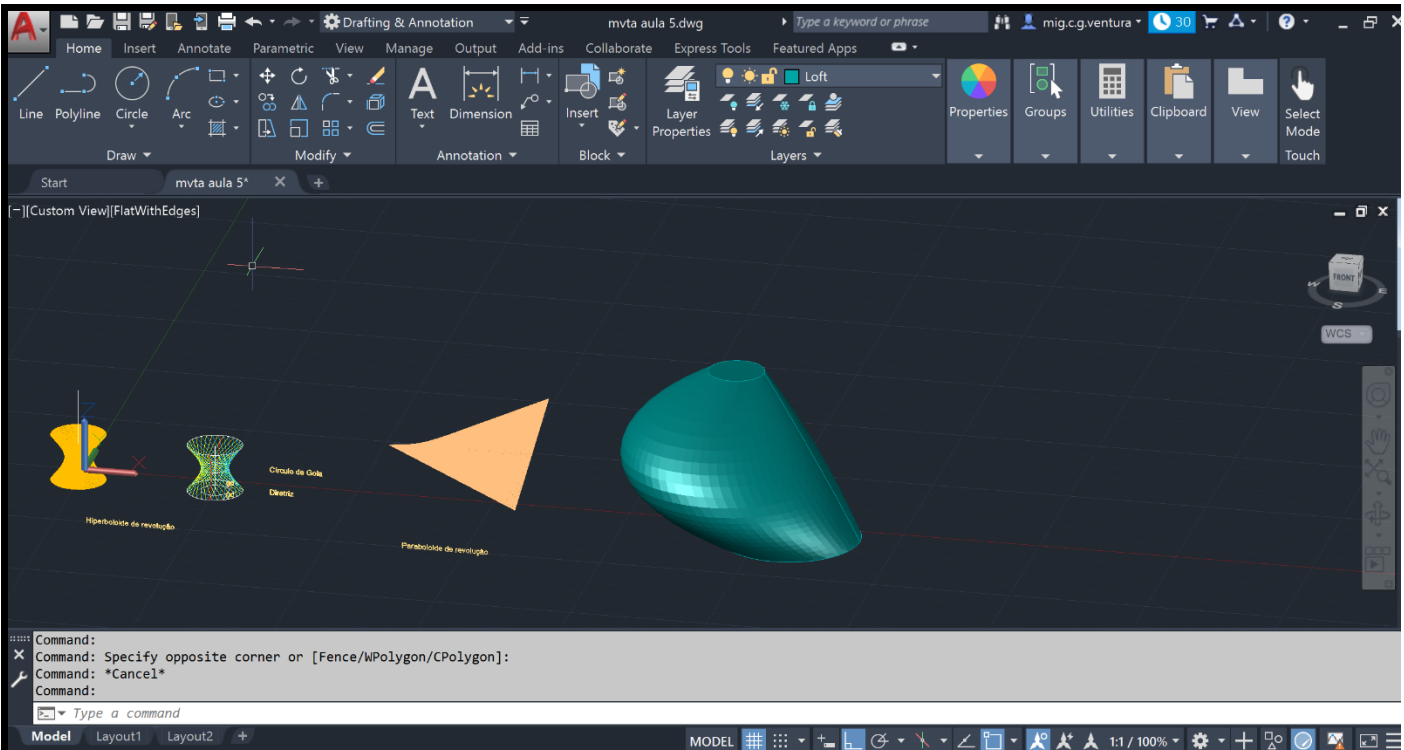


Figura 8: Construção do sólido

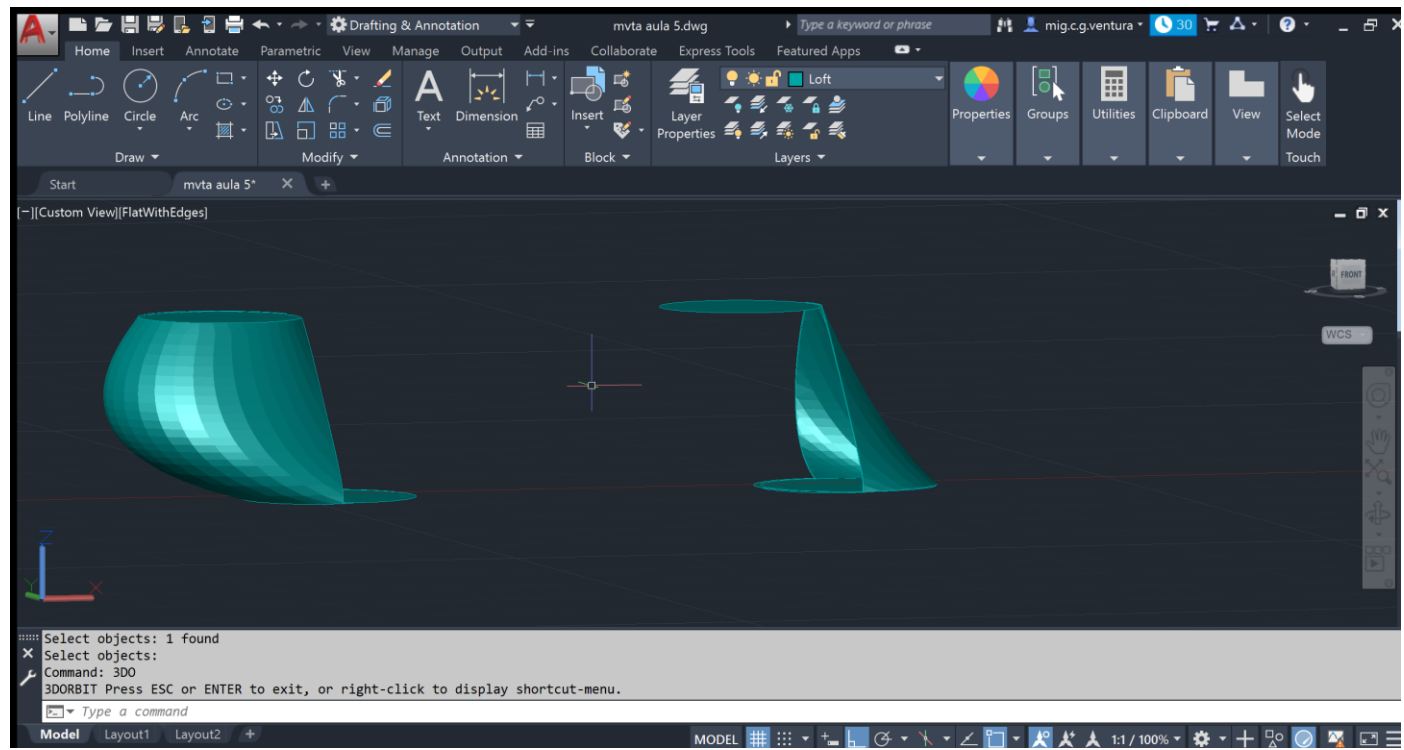


Figura 9: Subtração ao sólido.

Exerc. 5.4. – Operações Booleanas

Aula 6:

1. Helicóide – Caso Guggenheim New York

Exercício 6. – Helicóide – Caso Guggenheim NY

1. Exercícios de construção de um Helicóide

- O Helicóide começa-se por desenhar com o comando *Helix*, onde se determina o raio da linha helicoidal assim como a sua altura e quantas voltas esta dá.
- Insere-se a foto da secção do caso do Guggenheim de New York e coloc~se a mesma à escala recorrendo ao comando *Scale*.
- Através do comando *Pline*, sobrepõe-se na imagem uma linha de contorno da secção que passa pelas rampas da obra arquitetónica.
- Recorrendo ao comando *3DRotate*, rebate-se a linha a 90º e alinha-se com a linha helicoidal previamente criada.
- Com o comando *Extrude*, rotacionamos a linha e o objeto criada por esta pela linha helicoidal, recorrendo a *Path*, concluindo assim o Helicóide.

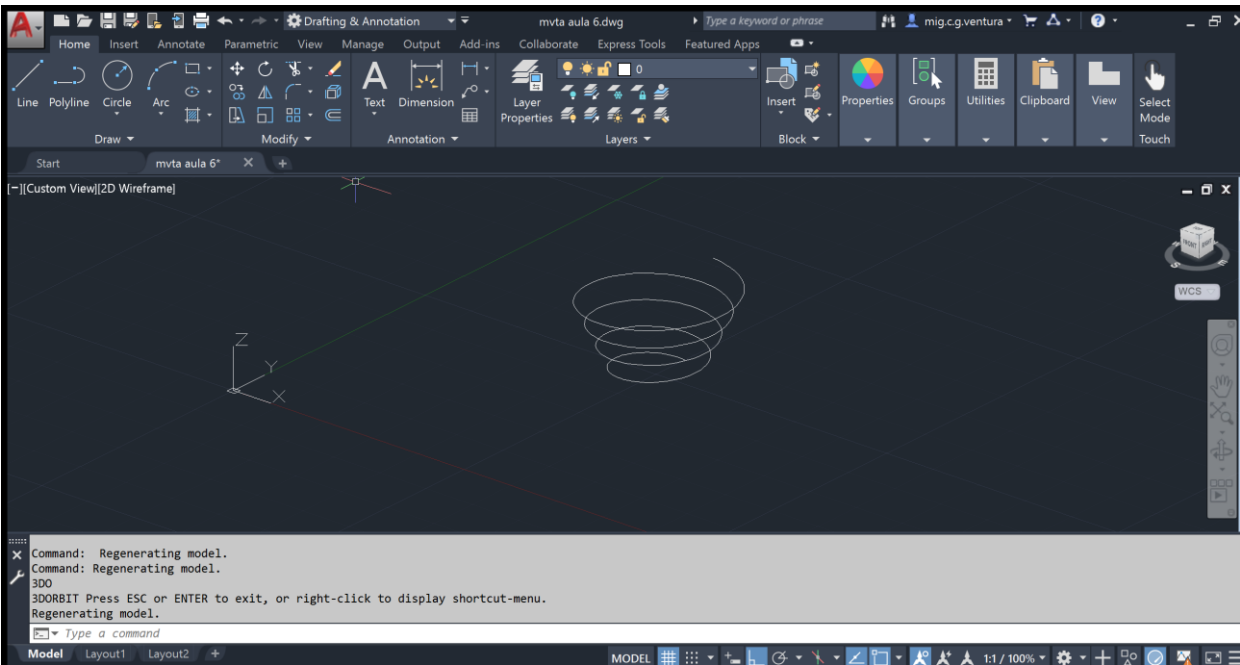


Figura 1: Comando *Helix*.

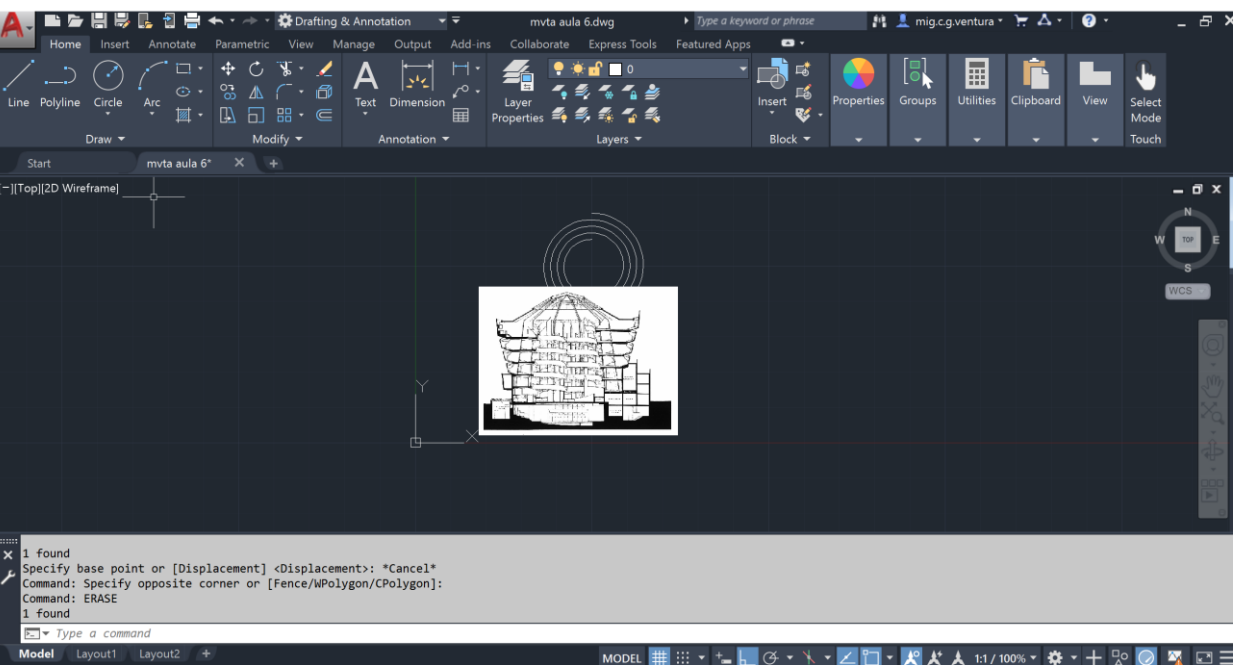


Figura 2: Colocação da secção à escala.

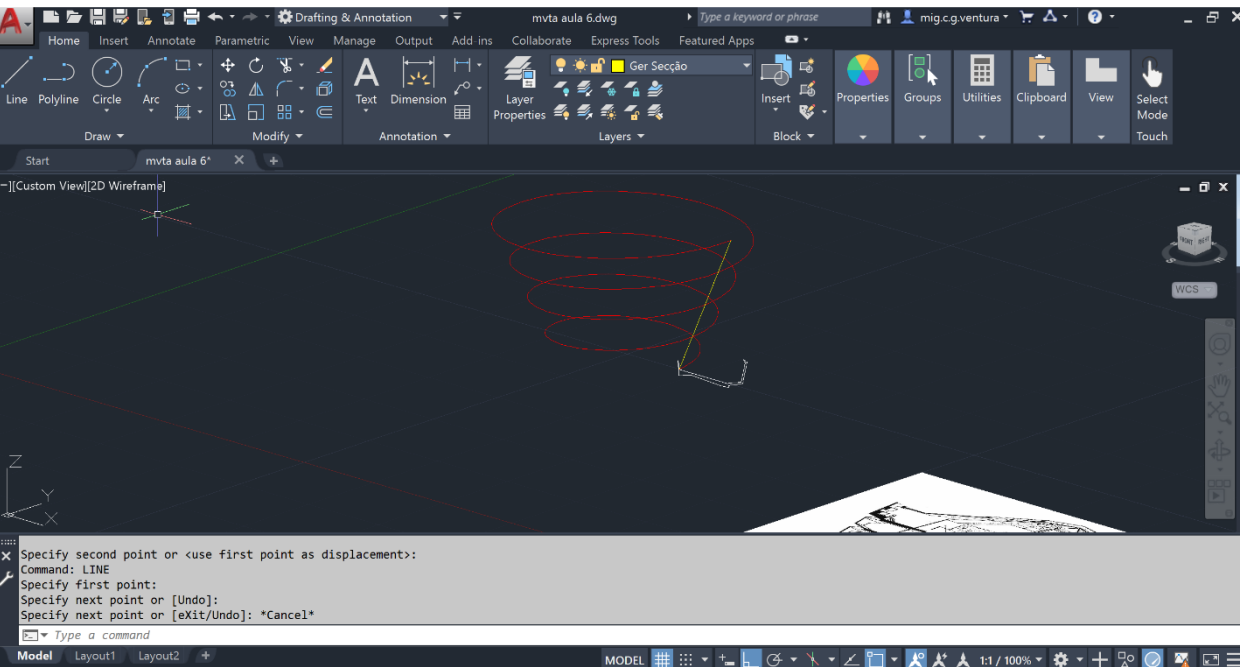


Figura 3: Objeto que se pretende rodar à volta da linha helicoidal

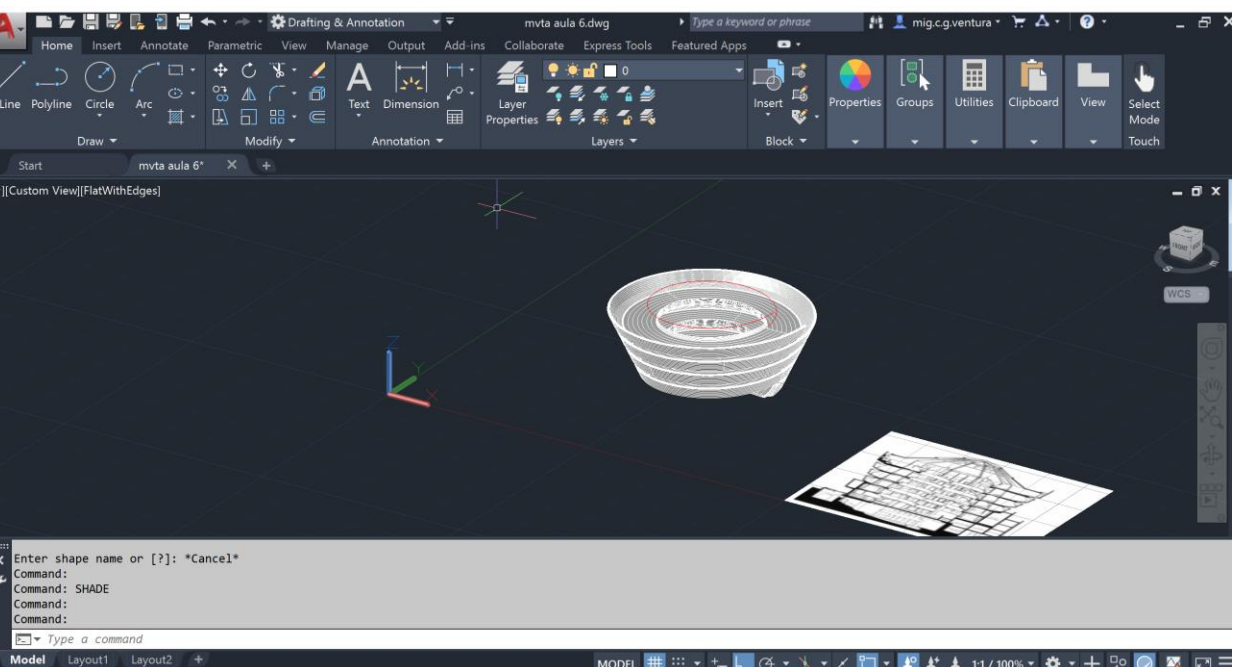


Figura 4: Conclusão do Helicóide.

Exerc. 6. – Helicóide – Caso Guggenheim NY

1. 1º Entrega (30/03)

2. Desenvolvimento do Trabalho – Guggenheim NY

- Experiências realizadas para proceder à modelação da obra escolhida.

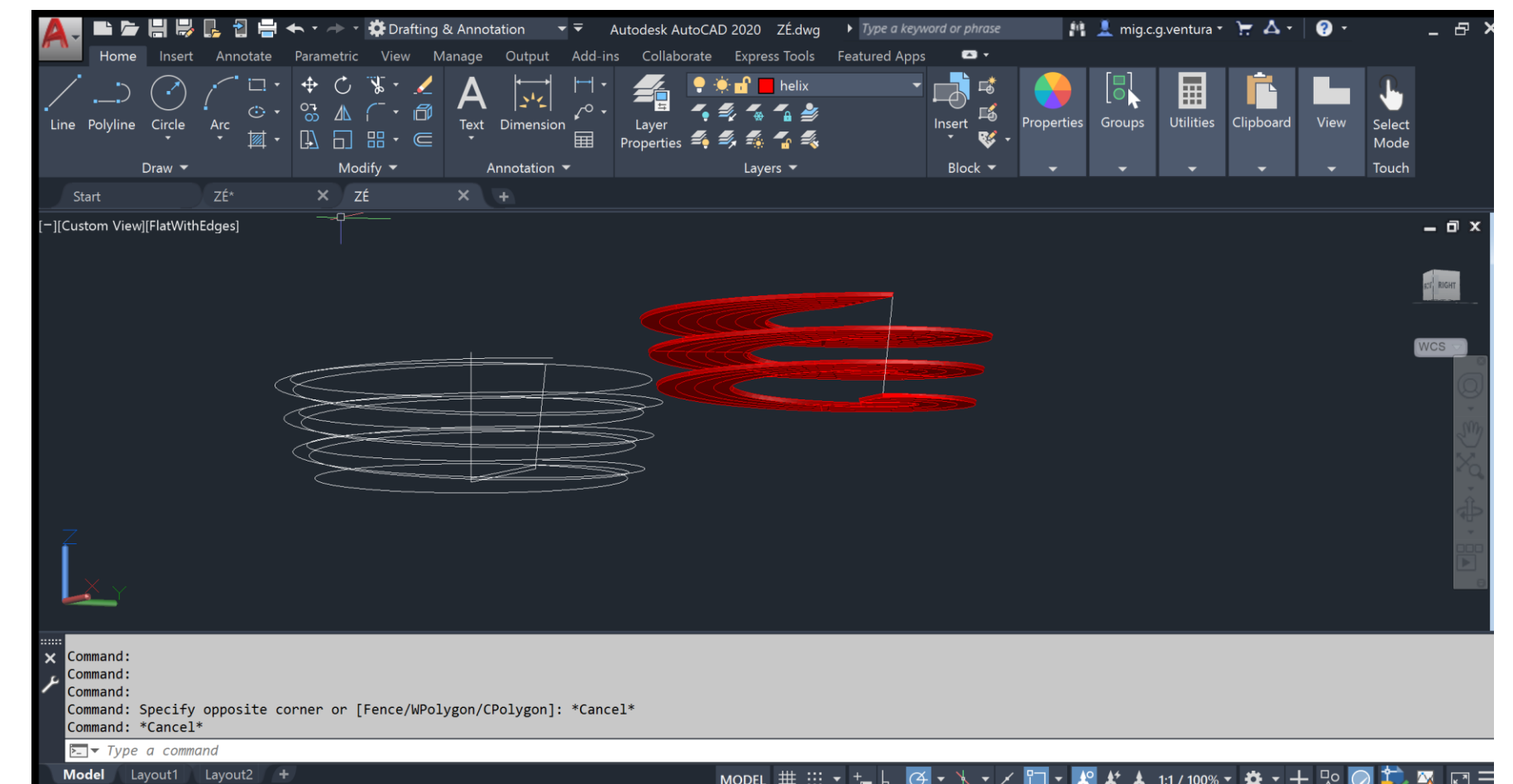
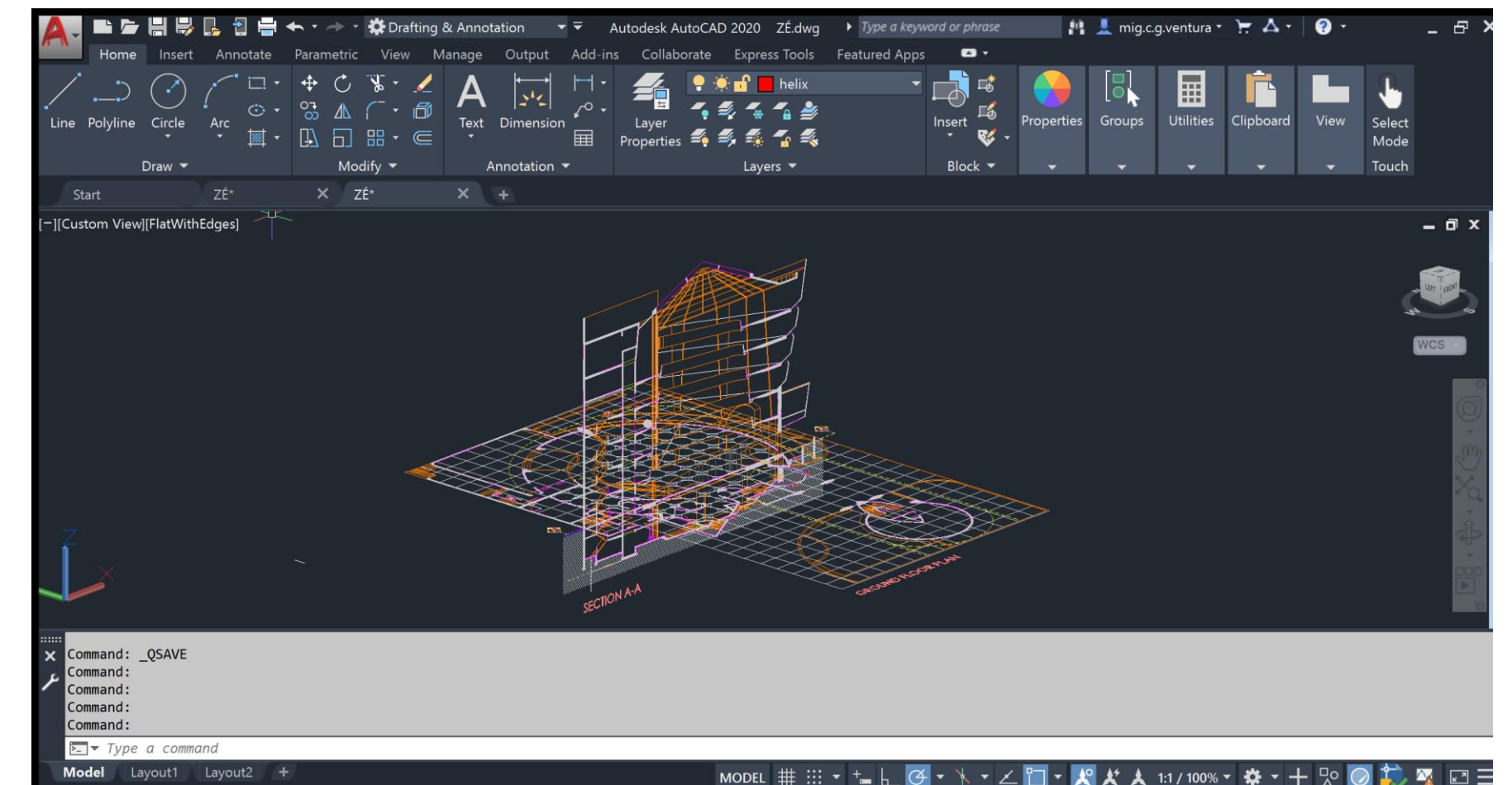


Figura 1: Experiências de modelação do Guggenheim NY

1º Entrega (30/03) – Guggenheim NY

- Trabalho realizado até à entrega

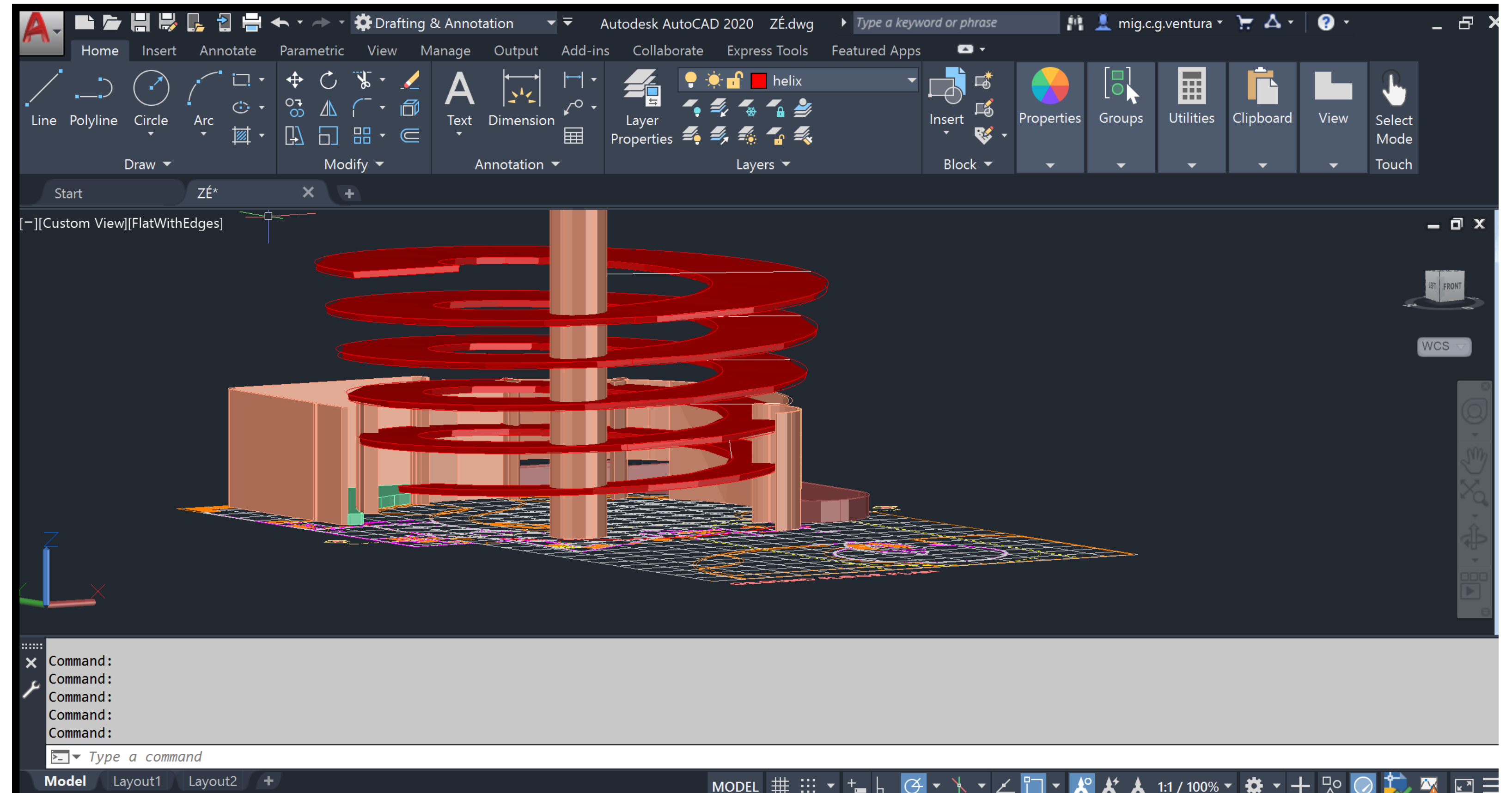


Figura 2: Modelação da rampa e paredes do 1º nível Guggenheim NY

1º Entrega (30/03) – Guggenheim NY