



O Módulo STEM do Numeric[All] sobre impressão 3D



Co-funded by
the European Union

Índice

1. Conceitos Gerais.....	3
1.1. O que é a modelagem 3D, a fotogrametria e a impressão 3D?.....	3
1.2. Aplicações.....	6
1.3. Impressão 3D em museus de educação e matemática.....	7
1.4. O Contexto do Numeric[All] e os Objectivos do Módulo.....	8
2. Introdução à modelação em 3D.....	11
2.1. Projecções em perspetiva.....	13
2.2. Opções para modelos 3D.....	15
2.3. Software de modelação 3D.....	15
3. Configurar com o SketchUp.....	17
2.1. Interface.....	17
2.2. Utilizações de ferramentas pré-fabricadas.....	20
Caixas.....	24
Arranha-Céus.....	26
Cubos.....	27
Dominó.....	31
Moedas.....	39
4. Software de fatiamento: Cura.....	61
4.1. O que é um software de fatiamento 3D?.....	61
4.2. Como usar o Cura.....	62
Referências.....	71
Anexos.....	73
Anexo 1.....	73

1. Conceitos Gerais

1.1. O que é a modelagem 3D, a fotogrametria e a impressão 3D?

Nos últimos anos, a replicação e criação de objectos em espaços tridimensionais tornou-se cada vez mais popular e uma competência altamente desejável. No entanto, na maioria das vezes, não é exatamente claro como os objectos digitais se transformam em objectos físicos e como são criados. Parece ser uma competência reservada a especialistas, mas as noções básicas de modelação e impressão 3D podem ser aprendidas por qualquer pessoa disposta a tentar. Muitos objectos simples podem ser modelados e impressos em 3D.

A imagem abaixo mostra que o software de modelação 3D foi utilizado para criar o objeto físico que a pessoa está a segurar.



Figura 1. Exemplo de software e objeto 3D (Fonte: Canva)

A **modelação 3D** é o processo de criação de um objeto num espaço tridimensional que contém faces, vértices e arestas.

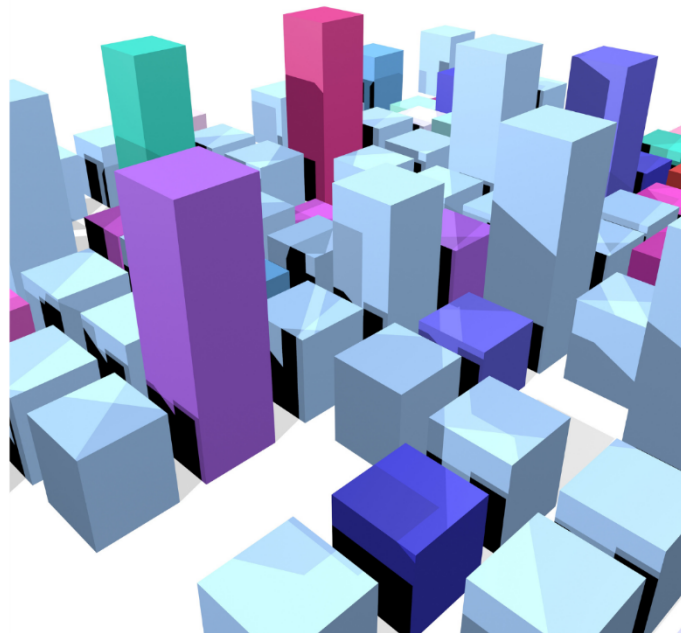


Figura 2. Exemplo de modelo 3D (Fonte: Canva)

A **fotogrametria** é o processo de criação de uma representação realista de um modelo 3D com a utilização de fotografias de vários ângulos. Essencialmente, recria um objeto da vida real como um modelo 3D em software através da leitura das fotografias tiradas (para mais informações, ver Anexo 1).

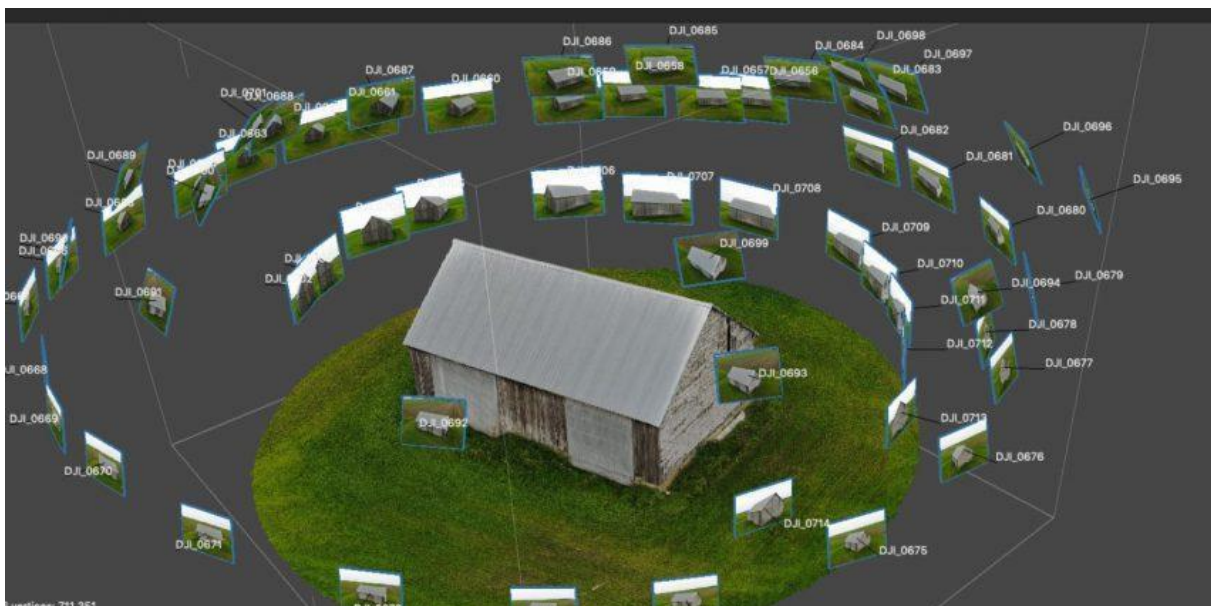


Figura 3. Modelo 3D criado a partir de fotografias - Fotogrametria
(Fonte: <https://bitfab.io/blog/photogrammetry/>)

A **modelação 3D** é um processo de fabrico aditivo que cria objectos tridimensionais reais tridimensionais reais a partir de um modelo digital. Basicamente, pega no modelo 3D que criou e imprime-o e imprime-o como um objeto físico.

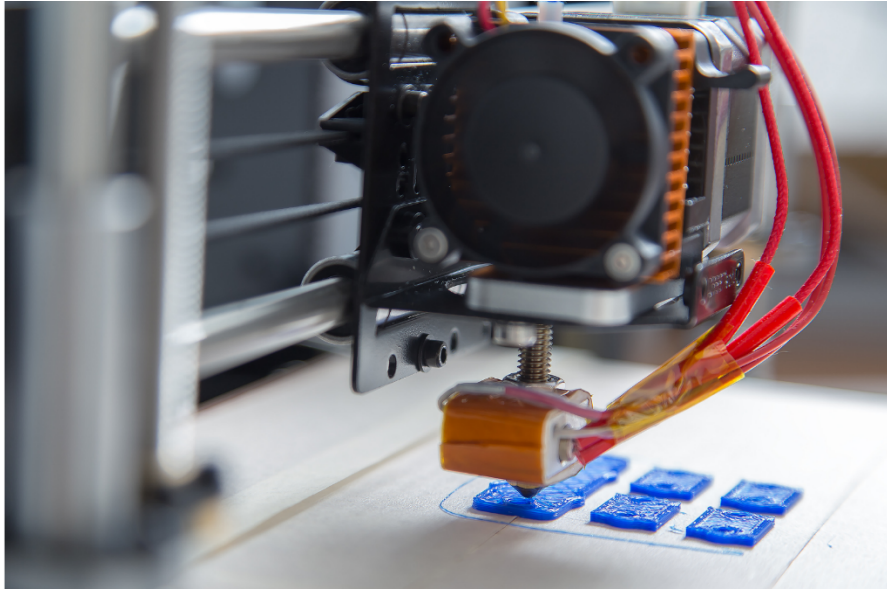


Figura 4. Impressora 3D em ação (Fonte: Canva)

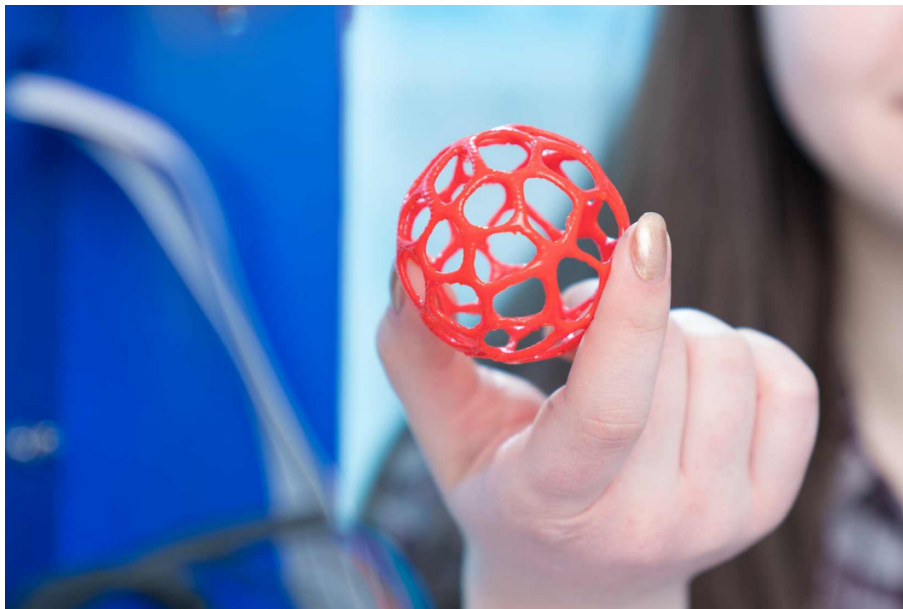


Figura 5. Objeto impresso em 3D (Fonte: Canva)

1.2. Aplicações

Agora deve estar a perguntar-se: como é que os podemos utilizar?

A modelação 3D é utilizada em muitas indústrias como uma etapa prévia à impressão 3D ou como forma de criar personagens animadas e jogos. Neste módulo, vamos concentrar-nos no aspecto da impressão 3D. Há muitos processos de impressão 3D diferentes que são utilizados em diferentes sectores, como a estereolitografia, a modelagem por deposição fundida (FDM), a fusão em leito de pó e outros.



Educação



Prototipagem e fabrico



Medicina



Joalheria



Arte



Construção

Figura 6. Principais indústrias que utilizam soluções de impressão 3D

Existe um conjunto infinito de recursos disponíveis para descrever os diferentes processos de impressão 3D em cada um desses domínios. No entanto, para efeitos deste módulo, centrar-nos-emos na Moldagem por Deposição em Fusão (FDM) devido ao seu baixo custo, elevada flexibilidade e facilidade. Para uma análise mais pormenorizada dos processos, materiais e aplicações de impressão 3D, ver Jandyal et al. (2022).

Dependendo das suas necessidades, há 5 aspectos a considerar antes de seleccionar uma impressora 3D:

- **Aplicação:** Como é que vai utilizar o objeto 3D?

- **Compatibilidade do material:** É sustentável para a aplicação pretendida?
- **Volume de construção:** Qual o tamanho que pretendo para o objeto?
- **Disponibilidade e custo do material:** É fácil encontrar o material necessário para imprimir o objeto 3D? Quanto é que custa?
- **Resolução:** Quão detalhado quero que o meu objeto 3D seja?

Depois de considerar estes 5 pontos, é mais fácil escolher a impressora 3D certa para si.

1.3. Impressão 3D em museus de educação e matemática

Existe um número significativo de estudos centrados na utilização da impressão e modelação 3D na educação, desde a primeira infância ao ensino superior, bem como em espaços de aprendizagem informal (por exemplo, Pearson & Dubé, 2021). Embora exista uma vasta quantidade de conhecimento produzido, este é bastante escasso e aborda diversos aspetos da impressão e modelação 3D. Ford e Minshall (2016) identificaram onde e como a impressão 3D é utilizada em contextos de educação formal e descobriram seis categorias distintas. Estas categorias envolviam, entre outras, a impressão 3D como uma ferramenta utilizada por alunos em diversos níveis de ensino e educadores que utilizam artefactos impressos em 3D em disciplinas principalmente orientadas para as STEM para apoiar o processo de aprendizagem sem o ensinar na sala de aula (Ford & Minshall, 2016).

No âmbito da educação formal, a impressão 3D gira em torno da geometria (Ford & Minshall, 2016), da álgebra e das funções, e das fracções (Stigberg, 2022). Como sublinha Stigberg (2022), há espaço para acrescentar outros conceitos matemáticos, bem como para melhorar os recursos disponíveis para conceber e partilhar objectos matemáticos em 3D. No entanto, os ambientes de educação formal apresentam certas restrições que não se aplicam em espaços informais, como museus e makerspaces, que podem expandir-se para além disso (Pearson & Dubé, 2021). Esta perceção alinha-se melhor com os nossos esforços, através do projeto Numeric[All], para apresentar as abordagens pedagógicas e metodológicas dos museus de matemática na Educação de Adultos.

A utilização de artefactos impressos em 3D em espaços museológicos tem crescido exponencialmente, sobretudo em museus de arqueologia, antropologia, história

natural e ciência, como forma de permitir aos visitantes interagir com os conceitos apresentados (Coates, 2019; Cooper, 2019). A modelação 3D é já utilizada em museus de matemática como o IMAGINARY - Open Mathematics na Alemanha (Rainone et al., 2014) e o MMACA Museum of Mathematics em Cornellà (Espanha) (<https://mmaca.cat/en/moduls/impressio-3d/>). No entanto, a investigação centrada nos museus de matemática não aborda a impressão 3D e o seu potencial nestes espaços. A modelação e a impressão 3D permitem a criação de objectos com um maior grau de precisão e, por vezes, até de complexidade, bem como a capacidade de visualizar o objeto 3D antes de o imprimir. Além disso, vem completar o processo de produção seguido nos museus, onde o número de objectos expostos é limitado a um ou apenas alguns.

Este facto reforça o valor das nossas tentativas de ligar os dois, uma vez que existe uma ligação inerente entre a modelação e a impressão 3D e a matemática (por exemplo, Ng et al., 2022). Os estudos também demonstraram que as abordagens multissensoriais à aprendizagem são vitais para a compreensão dos conceitos matemáticos (por exemplo, Cuturi et al., 2022; Manches & O'Malley, 2016) e podem ser benéficas para as pessoas com deficiências visíveis e invisíveis (por exemplo, Bouck et al., 2021). Um conceito que é central para a filosofia dos museus de matemática. Portanto, através deste módulo, estamos a tentar demonstrar a utilização da modelação e impressão 3D em exposições de matemática e fornecer recursos concretos de diversos conceitos matemáticos para expandir a sua aplicabilidade na Educação de Adultos.

1.4. O Contexto do Numeric[All] e os Objectivos do Módulo

O resultado deste projeto engloba um módulo STEM de 20 horas com uma introdução abrangente à "modelação 3D". Pretende dotar as organizações de aprendizagem ao longo da vida e outras instituições relevantes com os conhecimentos adequados sobre como utilizar software de desenho assistido por computador para conceber, projetar e imprimir exposições tridimensionais. Estas exposições serão idênticas às concebidas, delineadas e ilustradas no resultado anterior (PR2) para satisfazer as necessidades de aprendizagem dos aprendentes adultos com baixo nível de proficiência em competências do ensino básico. O

módulo será acompanhado pelo Manual de Laboratório Não-Formal, que irá delinear os grupos-alvo, os objectivos de aprendizagem, o equipamento necessário e o software necessário, bem como informações relevantes sobre a utilização, preparação, métodos e procedimentos.

Conceberemos também um kit de criação DIY com mapas de concepção, instruções detalhadas, materiais indicados e medidas adequadas para as 16 exposições interactivas do museu móvel gamificado. Este guia irá consultar os utilizadores sobre a concepção, construção física e montagem de construções interactivas em 3D, incorporando fotografias, imagens, comentários, ideias e tutoriais relevantes. Também explicará a montagem independente das exposições práticas, indicando todos os passos preparatórios que o facilitador deve seguir para montar/desmontar e armazenar os objectos 3D, juntamente com os prazos necessários. Todas as informações serão fornecidas em todas as línguas dos parceiros e permanecerão gratuitas e disponíveis para qualquer pessoa que pretenda reproduzir e construir as exposições.

Os objectivos de aprendizagem deste módulo são os seguintes:

- Compreender o significado, o potencial e os possíveis domínios de aplicação do software Fusion 360 e Cura;
- Compreender a importância destes softwares no mercado de trabalho moderno, por exemplo: indústria automóvel e aeronáutica, arquitetura, design de interiores e de produtos, indústria de jogos de computador, indústria cinematográfica, realidade virtual, etc;
- Ser capaz de criar sozinho objectos 3D de vários níveis de dificuldade, por exemplo, uma chávena (simples), um castelo (médio), uma ponte suspensa (avançado);
- Ser capaz de desenhar um objeto real num software 3D, com base nas proporções de outros objectos, por exemplo, uma aplicação/cópia virtual.
- Compreender o funcionamento de uma impressora 3D, compreendendo as definições básicas do software de corte;
- Tornar-se capaz de imprimir objectos 3D de forma autónoma;

- Aprender diferentes tipos de companheiros para fazer vários tipos de montagem (vários objectos virtuais 3D (conjunto de objectos) podem ser usados para fazer uma montagem);
- Montar vários componentes num software de desenho assistido por computador;
- Compreender os princípios da fotogrametria, bem como as diferentes possibilidades de aplicação da fotogrametria;
- Tornar-se capaz de criar objectos 3D processando fotografias através de software de fotogrametria.

2. Introdução à modelação em 3D

Descreveremos brevemente o processo de modelação 3D para compreender como imprimir em 3D um modelo criado por si.

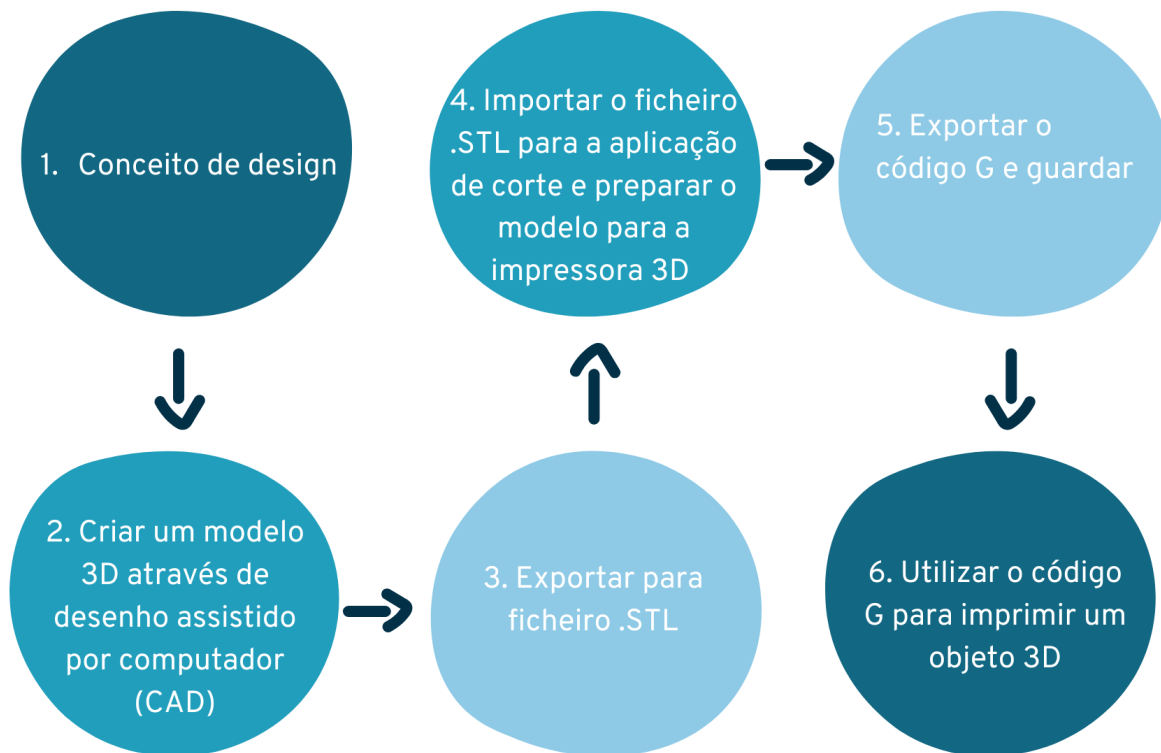


Figura 7. Processo completo de impressão 3D

Passo 1: Conceito de design (A ideia)

A primeira etapa consiste na conceitualização do objeto 3D que pretende criar. Pode começar por tomar as dimensões de artigos reais e desenhar o seu artigo numa folha de papel.

Passo 2: Criar um modelo 3D através de desenho assistido por computador (CAD)

Na segunda etapa, recria o objeto através de um software de modelação 3D. Dependendo do objeto e se este for composto por várias partes, poderá ser necessário dividi-lo em ficheiros separados para facilitar a impressão posterior. Outro aspeto importante a considerar é se os objectos precisam de ser ligados uns aos outros, o que exigirá a montagem de pontos de correspondência.

Passo 3: Exportar o modelo 3D para um ficheiro .STL

Depois de ter completado o seu modelo 3D e de o querer ver impresso, basta exportar o seu desenho 3D para um ficheiro .STL para o passar pelo software de corte.

Passo 4: Importar o ficheiro .STL para a aplicação de corte para preparar o modelo para a impressora 3D selecionada

No quarto passo, importa o ficheiro .STL para o software de corte escolhido (por exemplo, Cura) e prepara o modelo para ser impresso numa impressora 3D. O software de corte percorre o modelo camada a camada para informar a impressora sobre a forma de o criar com mais personalizações disponíveis, que abordaremos no Capítulo 4.

Passo 5: Exportar o código G e guardar

Depois de ter finalizado o seu modelo através do software de corte, exporta o código G e guarda-o num USB ou num cartão SD, dependendo das portas disponíveis na sua impressora 3D.

Passo 6: Utilizar o código G para imprimir o objeto

O sexto e último passo consiste em fornecer à impressora 3D o código G que guardou para saber o que imprimir e como o imprimir.

O código G essencial contém um conjunto de instruções que uma impressora 3D compreende para imprimir o objeto modelado.

2.1. Projecções em perspectiva

Para compreender como funciona a modelação 3D, vejamos as projecções em perspectiva. As projecções de perspectiva são essencialmente o ângulo em que se vê um item. Existem perspectivas de três pontos, que indicam quantos lados de um item podem ser vistos.

A perspectiva de primeiro ponto é essencialmente o aspeto de um item a partir de um ângulo. Só é possível ver um lado do objeto.



Figura 8. Perspetiva unidimensional

A perspectiva de segundo ponto permite-lhe ver o item a partir de dois ângulos.

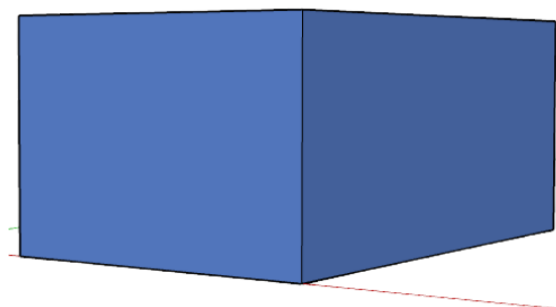


Figura 9. Perspetiva bidimensional

A perspectiva de três pontos mostra-lhe os três ângulos de um item, uma vez que se trata de um item num espaço tridimensional.

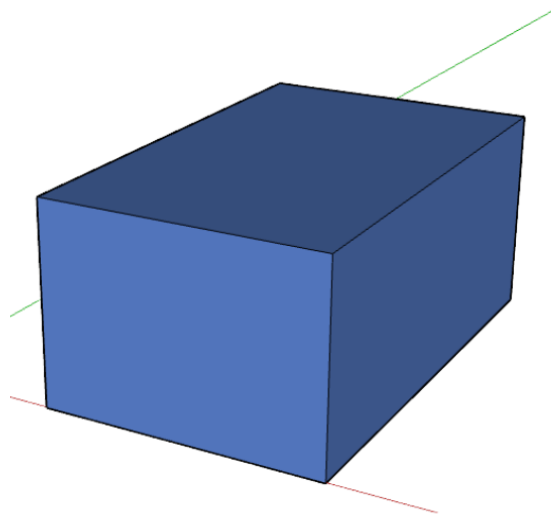


Figura 9. Perspetiva tridimensional

Através da modelação 3D, cria itens num espaço tridimensional com três eixos, x , y e z . Para compreender isto um pouco melhor, vamos tentar visualizá-lo. A Figura 11 abaixo demonstra os três eixos num software 3D. No início, isto pode parecer um pouco confuso, mas é mais fácil do que imagina. Só precisa de alguma prática e familiarização.

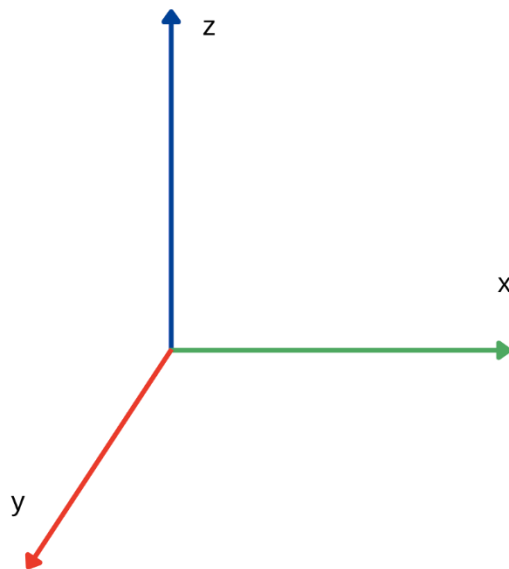


Figura 11. Espaço tridimensional (eixos x , y , z)

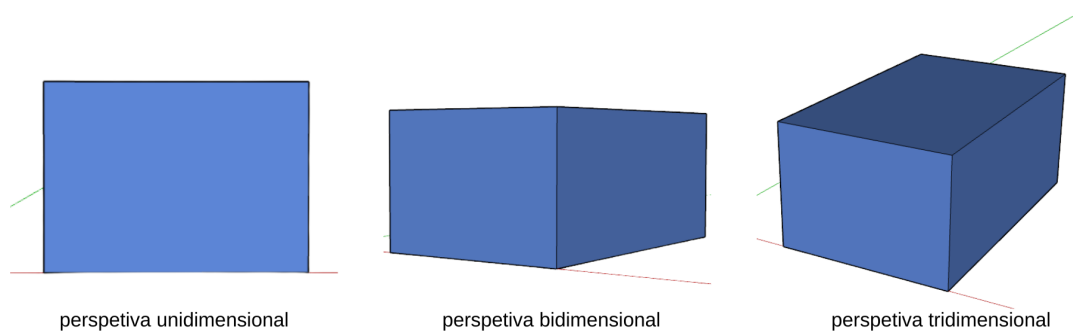


Figura 12. Projeções em perspetiva (feitas no SketchUp)

2.2. Opções para modelos 3D

Existem duas opções para criar o seu próprio modelo 3D e imprimi-lo.

Pode:

- utilizar um software de modelação 3D para criar o seu modelo de raiz com as especificidades que pretende
- ou pode criá-lo utilizando a fotogrametria.

Para além de criar o seu próprio modelo 3D e imprimi-lo, pode utilizar plantas de impressão 3D prontas a usar que são gratuitas.

Pode encontrar centenas de modelos de impressão 3D em sites como [Thingiverse](https://www.thingiverse.com/) e [MyMiniFactory](https://www.minifactory.com/). Tudo o que tem de fazer é descarregar o ficheiro .STL e está pronto para imprimir o item.

2.3. Software de modelação 3D

Muitos softwares de modelação 3D disponíveis requerem diferentes níveis de especialização e dificuldade de aprendizagem. Dependendo do sector, os profissionais podem escolher programas de software específicos para a modelação 3D.

Tinkercad

O Tinkercad da Autodesk (<https://www.tinkercad.com/>) é uma aplicação Web gratuita e um dos programas mais populares no ensino, utilizado para introduzir o design 3D,

a eletrónica e a programação. É muito fácil de utilizar e tem muitas plantas de impressoras 3D prontas a utilizar disponíveis para descarregar.

SketchUp

O SketchUp (<https://www.sketchup.com/>) é um programa de modelação 3D disponível na Web e no ambiente de trabalho e tem muitas extensões diferentes, dependendo da subscrição e das necessidades do utilizador. Este programa é utilizado em muitos sectores, como a arquitetura, o design de interiores, a engenharia civil e mecânica, o design industrial e de produtos, entre outros. A versão gratuita, que aprenderemos neste módulo, está disponível online.

Fusion 360

O Fusion 360 da Autodesk (<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>) oferece uma plataforma 3D baseada na nuvem que integra diversos aspectos de design e fabrico desde a fase inicial de design até à sua funcionalidade de engenharia e circuito.

Onshape

A Onshape (<https://www.onshape.com/en/>) é uma plataforma de conceção de produtos baseada na nuvem que se centra na conceção 3D assistida por computador (CAD) e na gestão de dados de produtos (PDM) e oferece perspectivas analíticas e oportunidades de colaboração. Cria essencialmente um sistema centralizado disponível numa organização ou empresa para gerir diversos aspectos da conceção e produção de produtos.

OpenSCAD

O OpenSCAD (<https://openscad.org/>) é um programa CAD 3D paramétrico gratuito que permite aos utilizadores criar modelos sólidos com a utilização de scripts. Pode ser útil para definir um certo número de parâmetros fixos no seu modelo. É utilizado especificamente em engenharia mecânica .

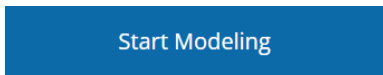
¹ Mais especificamente, inclui o seguinte: Conceção assistida por computador (CAD), Fabrico assistido por computador (CAM), engenharia assistida por computador (CAE) e aplicações para placas de circuitos impressos (PCB).

3. Configurar com o SketchUp

Nesta secção, vamos analisar a funcionalidade e as ferramentas prontas do software de modelação 3D: SketchUp, como introdução para começarmos a criar os nossos próprios modelos 3D. Também dedicamos uma secção à recriação de cinco modelos em software 3D a partir das exposições que criámos no museu móvel gamificado do projeto Numeric[All].

Agora, vamos começar a usar o SketchUp!

Passos:

1. Ir para: <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-free>
2. Selecionar o botão 
3. Registe-se para guardar os seus desenhos e está tudo pronto.

2.1. Interface

Uma vez concluídas as etapas acima, verá a interface abaixo.

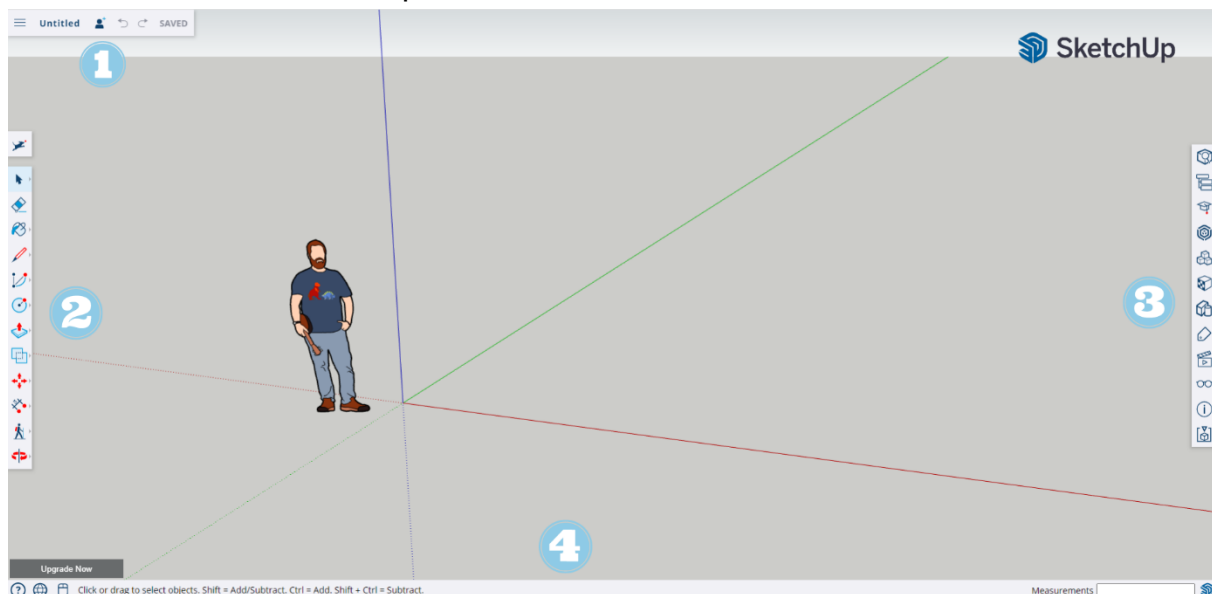


Figura 13. Interface do SketchUp - versão Web

A interface do SketchUp é bastante simples de utilizar. Os parágrafos seguintes explicarão os números apresentados na Figura 13 acima.

1. Menu Model/Preferences

Esta opção está localizada no canto superior esquerdo da nossa página.

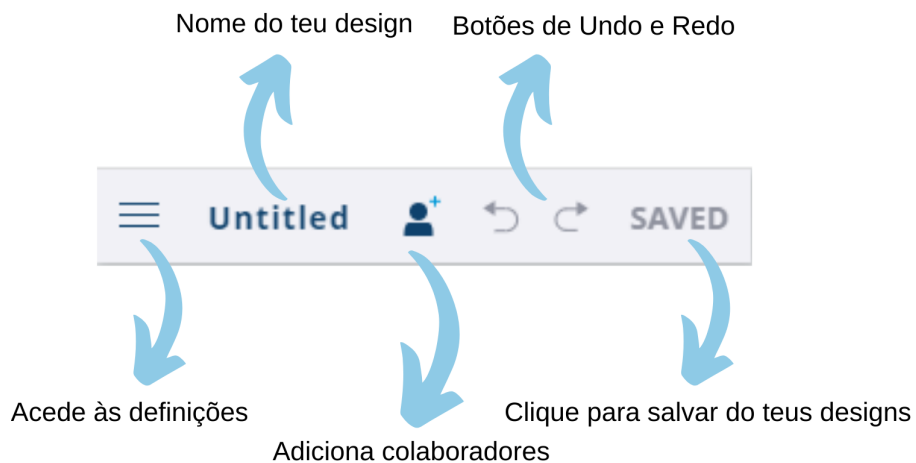


Figura 14. Opções de barra (lado superior esquerdo)

Se clicar nas três barras, aparece o seguinte menu:

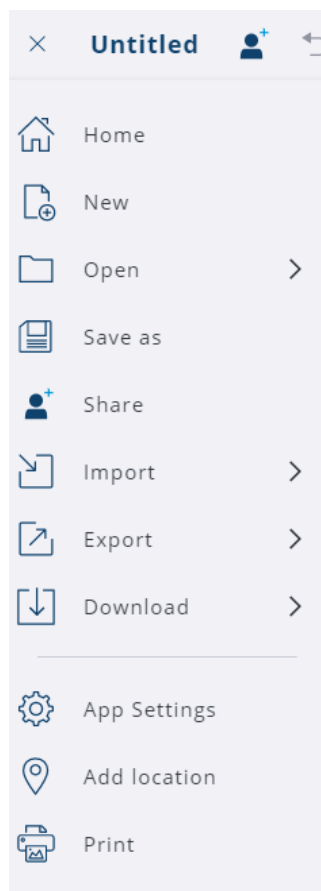


Figura 15. Menu deslizante Definições

Aqui tem a opção de criar um novo desenho, guardar o seu desenho, partilhar o seu desenho com outras pessoas, importar do seu dispositivo ou do Trimble connect, exportar em vários formatos de ficheiro e descarregar o seu desenho nos formatos .skp, .png e .stl. Pode também personalizar a interface através das definições da aplicação, adicionar a sua localização e imprimir o seu desenho em 2D.

2. Barra de Ferramentas

Aqui, pode encontrar várias ferramentas para construir os seus modelos 3D. Iremos analisar cada uma delas na próxima secção (3.2. Utilizações de ferramentas prontas a usar).

3. Paineis

No lado direito da interface, pode aceder ao seguinte:

- Informação da entidade: contém informações sobre o objeto selecionado, como o tipo, a instância, a definição, a camada, a sombra e as definições de visibilidade.
- o Instrutor: dá-lhe informações sobre o que uma ferramenta faz e como a utilizar
- Componentes: são úteis quando é necessário reutilizar um objeto (por exemplo, uma janela para um modelo de casa 3D) criando-o, carregando-o a partir do seu dispositivo ou pesquisando no armazém 3D da Trimble. Para mais informações, visite: <https://help.sketchup.com/en/working-components-sketchup#introduction>
- Materiais: torna os seus modelos 3D mais realistas ao adicionar cor e textura (opcional) às superfícies.
- Estilos: contém uma série de estilos predefinidos que mostram as arestas, faces e fundo num estilo específico (por exemplo, arestas rugosas esboçadas).
- Camadas: ajusta a visibilidade dos objectos no seu ambiente 3D quando estão presentes vários objectos
- Cenas: altera o fundo e a projecção em perspetiva do seu modelo 3D.
- Visualização: permite-lhe editar o que vê na sua visualização, como linhas, objectos, componentes, sombras e nevoeiro.

4. Barra de estado

Aqui, pode aceder ao Centro de Ajuda, ao menu de idiomas, às opções do dispositivo de entrada, às sugestões e opções para as ferramentas seleccionadas e à caixa de medição para uma modelação mais precisa.

2.2. Utilizações de ferramentas pré-fabricadas

Nesta secção, vamos analisar as ferramentas prontas disponíveis na versão web do SketchUp e as suas utilizações.



Ferramenta de pesquisa

Pode utilizar esta opção para procurar qualquer coisa relacionada com o SketchUp.



Ferramenta de seleção

Pode seleccionar linhas, faces ou objectos.

- Para seleccionar um lado de uma superfície (face), clique duas vezes.
- Para seleccionar uma aresta e a respectiva face de ligação, clique duas vezes.
- Para seleccionar um objeto, clique três vezes.



Ferramenta Laço

Pode desenhar a sua própria área de seleção.



Ferramenta Borracha

Pode apagar linhas, faces ou outros objecto



Ferramenta Balde de tinta

Pode adicionar material ativo a superfícies (faces).




Ferramenta Amostra

Esta ferramenta torna qualquer material que clique em material ativo.




Ferramenta Linha


Pode criar linhas rectas que, se ligadas, criarão uma superfície (face).

 Ferramenta à mão livre


Pode criar linhas à mão livre que, se ligadas, criam uma superfície (face).

 Ferramenta Arco


Pode criar arcos ou círculos com a ajuda de um transferidor. Comece por seleccionar o seu ponto central, escolha o ângulo pretendido como ponto final e termine o arco.

 Ferramenta de arco de 2 pontos

Pode criar um arco definindo os dois pontos do arco com o lápis e a protuberância do arco.

 Ferramenta de arco de 3 pontos

Começa por definir um ponto central, depois um ponto de rotação e o ponto final para criar um arco.

 Ferramenta de torta

Esta ferramenta funciona da mesma forma que a ferramenta arco, mas em vez de criar um arco, cria uma forma de tarte.

 Ferramenta Retângulo

Pode criar um item básico em forma de retângulo ou quadrado.

 Ferramenta Retângulo rodado

Esta ferramenta permite criar um retângulo em qualquer ângulo em vez de um eixo.

 Ferramenta Círculo

Pode criar um círculo com esta ferramenta.

 Ferramenta Polígono

Pode criar um polígono com qualquer número de lados.

 Ferramenta Texto 3D

Pode adicionar um texto em 3D no seu modelo e seleccionar se este será extrudido ou preenchido.



Ferramenta Empurrar/Puxar

Esta ferramenta empurra um objeto para o espaço tridimensional ou torna-o plano.



Ferramenta Siga-me

Pode criar formas 3D complexas conduzindo uma face ao longo de um caminho.



Ferramenta Deslocar

Esta ferramenta cria um objeto que está a uma distância de offset de outro objeto.



Ferramenta Concha exterior

É utilizada para remover as faces interiores de sólidos sobrepostos e deixar apenas as faces exteriores.



Ferramenta Mover

Esta ferramenta é utilizada para reposicionar, copiar ou esticar objectos.



Ferramenta Rodar

Com esta ferramenta, é possível rodar objectos num ângulo especificado.



Ferramenta Escala

Com esta ferramenta, pode redimensionar e remodelar objectos.



Ferramenta Fita métrica

Esta ferramenta ajuda-o a medir os seus objectos.



Ferramenta Dimensões

Pode marcar o comprimento ou o ângulo de um objeto.



Ferramenta de texto

Esta ferramenta permite-lhe adicionar texto ao ecrã e especificar determinados pontos do modelo (por exemplo, o material de que é feito).



Ferramenta Secção

Com esta ferramenta, pode cortar um modelo para ver o interior do objeto.



Ferramenta Transferidor

Pode medir os ângulos dos seus objectos 3D.



Ferramenta Eixos

Esta ferramenta permite-lhe definir os eixos de um modelo ou componente.



Ferramenta Etiquetas

Pode organizar os seus objectos e alterar a sua visibilidade.



Ferramenta Andar

Esta ferramenta permite-lhe percorrer o seu modelo (por exemplo, edifícios)



Ferramenta Posicionar a câmara

Pode posicionar o ponto de vista a uma altura de acordo com o seu modelo.



Ferramenta Olhar em redor

Depois de utilizar a ferramenta posicionar câmara, esta muda automaticamente para esta ferramenta, que lhe permite olhar de um lado para o outro.



Ferramenta Órbita

Esta ferramenta permite-lhe rodar em torno do seu objeto 3D.



Ferramenta Panorâmica

Pode ver a sua cena para cima, para baixo, para a esquerda e para a direita.

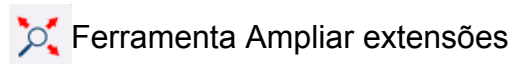


Ferramenta de zoom

Pode aumentar ou diminuir o zoom em superfícies específicas do seu objeto,



Esta ferramenta permite seleccionar uma janela retangular específica do seu objeto.



Esta ferramenta permite visualizar todo o modelo que criou.

2.3. Exposições do Numeric[All] para experimentar

Nesta secção, tentaremos recriar 5 das exposições do Numeric[All] do museu móvel gamificado (PR2) nas suas versões simplificadas. Versões mais detalhadas destas e de outras exposições podem ser encontradas no sítio Web do projeto (<https://numericall.eu/>), prontas para serem impressas em ficheiros .STL. As seguintes exposições foram seleccionadas para lhe dar a oportunidade de praticar as suas capacidades de modelação 3D com diferentes formas e níveis progressivos de dificuldade. Vamos tentar criar o seu primeiro objeto 3D no SketchUp!

Caixas

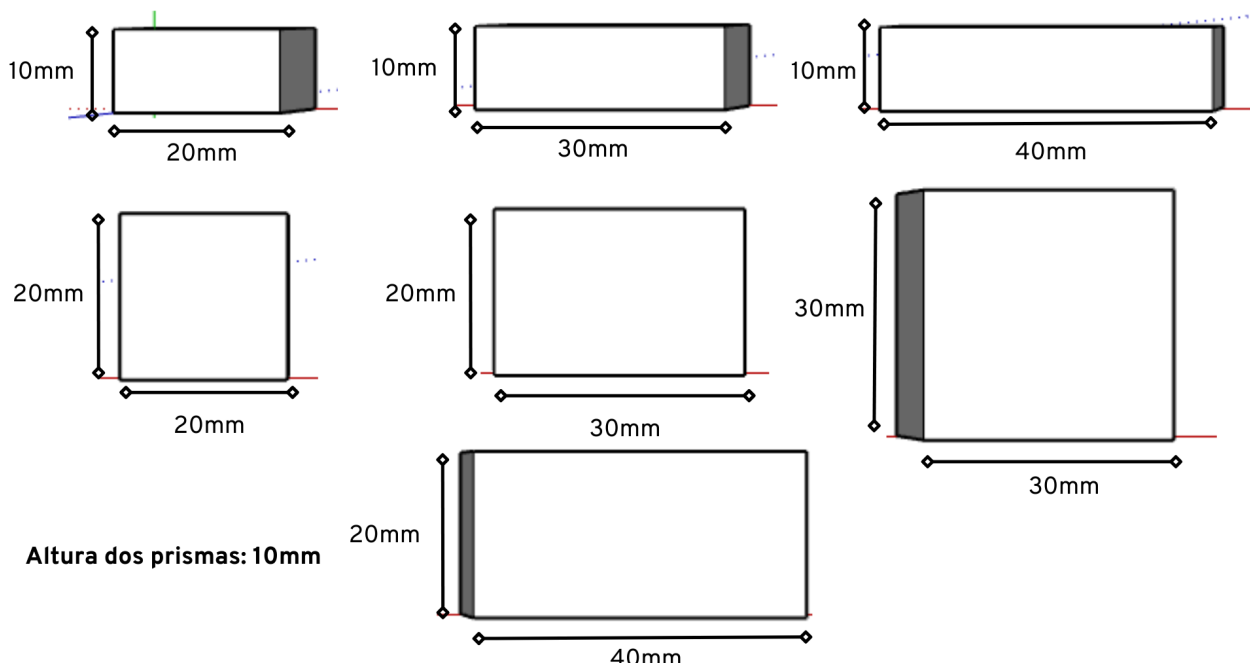
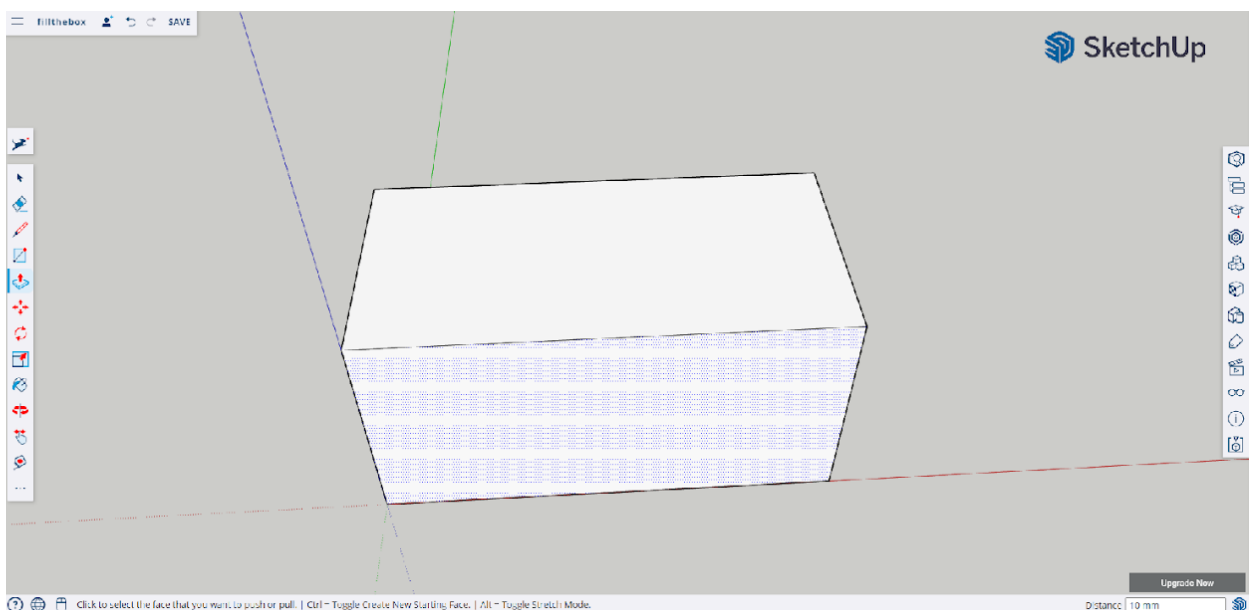


Figura 16. Dimensões de prismas

Passo 1: Seleccione a ferramenta retângulo, coloque-a no canto dos eixos e prima enter para especificar as dimensões 20mm, 10mm (2cm, 1cm) e prima enter novamente para criar o retângulo.



Passo 2: Utilize a ferramenta de empurrar/puxar para aumentar a largura do prisma para 10 mm (1 cm).

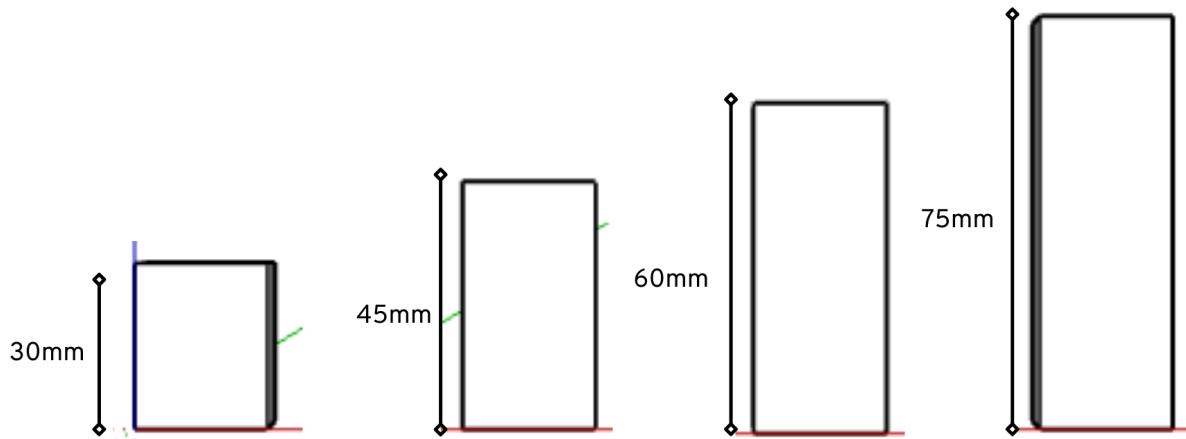


E assim se fez o primeiro prisma da exposição "encher a caixa"! Os restantes podem ser feitos seguindo os mesmos passos e as suas dimensões correspondentes.

Recomendação: Crie dois prismas juntos num ficheiro para poupar tempo ao imprimi-los.

Arranha-Céus

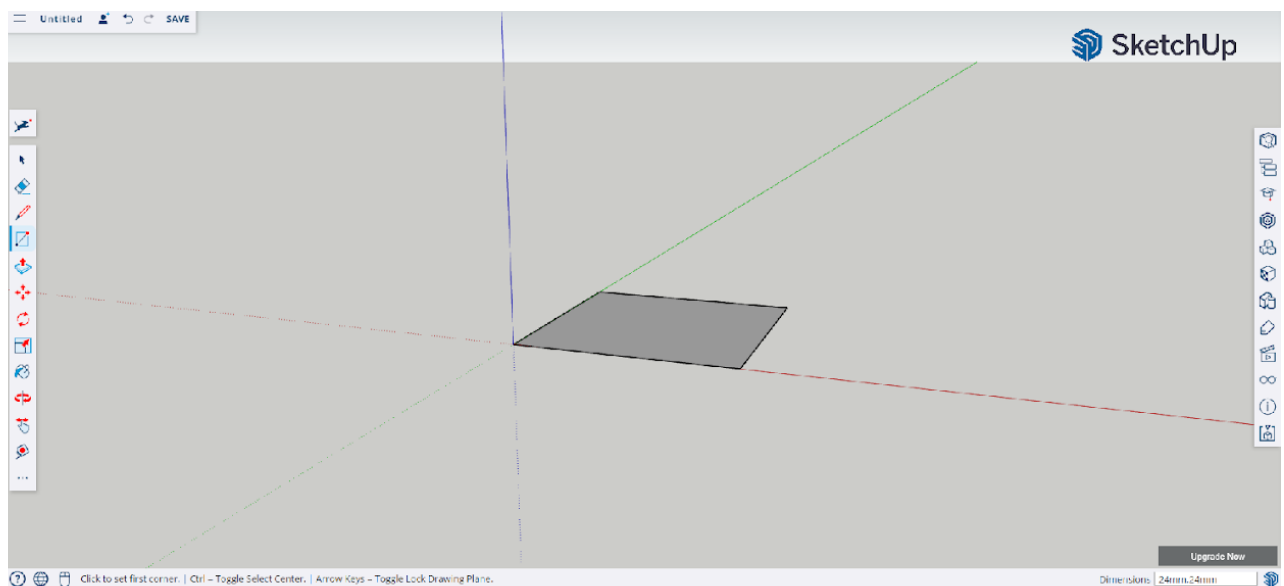
Esta exposição utiliza prismas rectangulares como arranha-céus de diferentes alturas. As dimensões dos arranha-céus são apresentadas na figura abaixo.



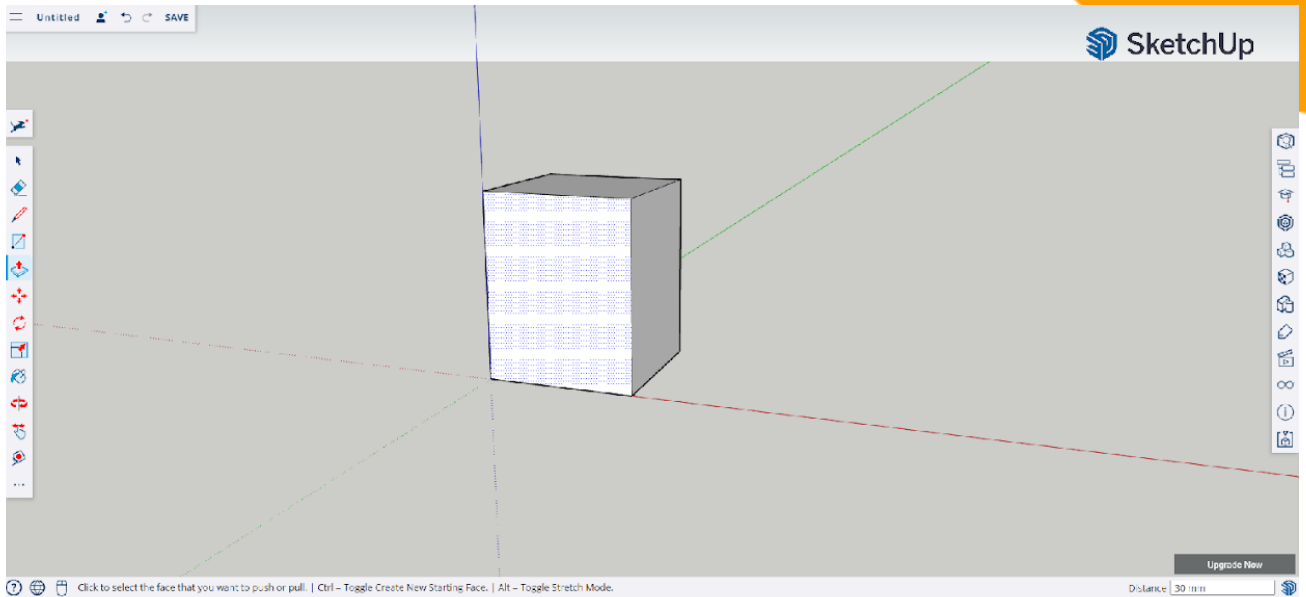
Base of skyscrapers: 24mm x 24mm

Figura 17. Dimensões dos arranha-céus

Passo 1: Utilize a ferramenta retângulo e defina as dimensões para 24 mm x 24 mm (2,4 cm x 2,4 cm) para fazer a base dos arranha-céus.



Passo 2: Utilize a ferramenta de empurrar/puxar para definir a altura para 30 mm (3 cm).



Passo 3: O mesmo processo para os outros arranha-céus com alturas diferentes.

Pista: Copie (Ctrl+C) e cole (Ctrl+V) cada arranha-céus no mesmo ficheiro 4 vezes para os imprimir todos de uma só vez.

Cubos

A nossa exposição com os cubos baseia-se em peças em forma de L com 3 e 4 unidades. Por isso, vamos começar com as medidas para podermos desenhá-lo em 3D.

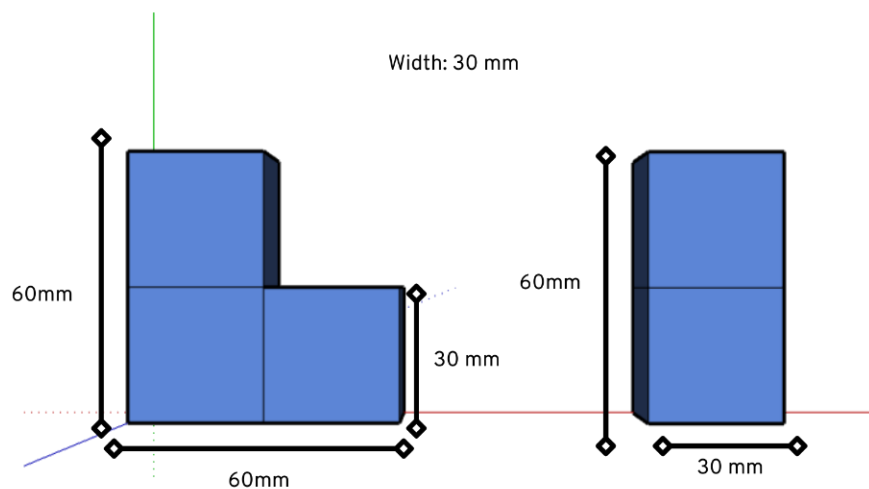
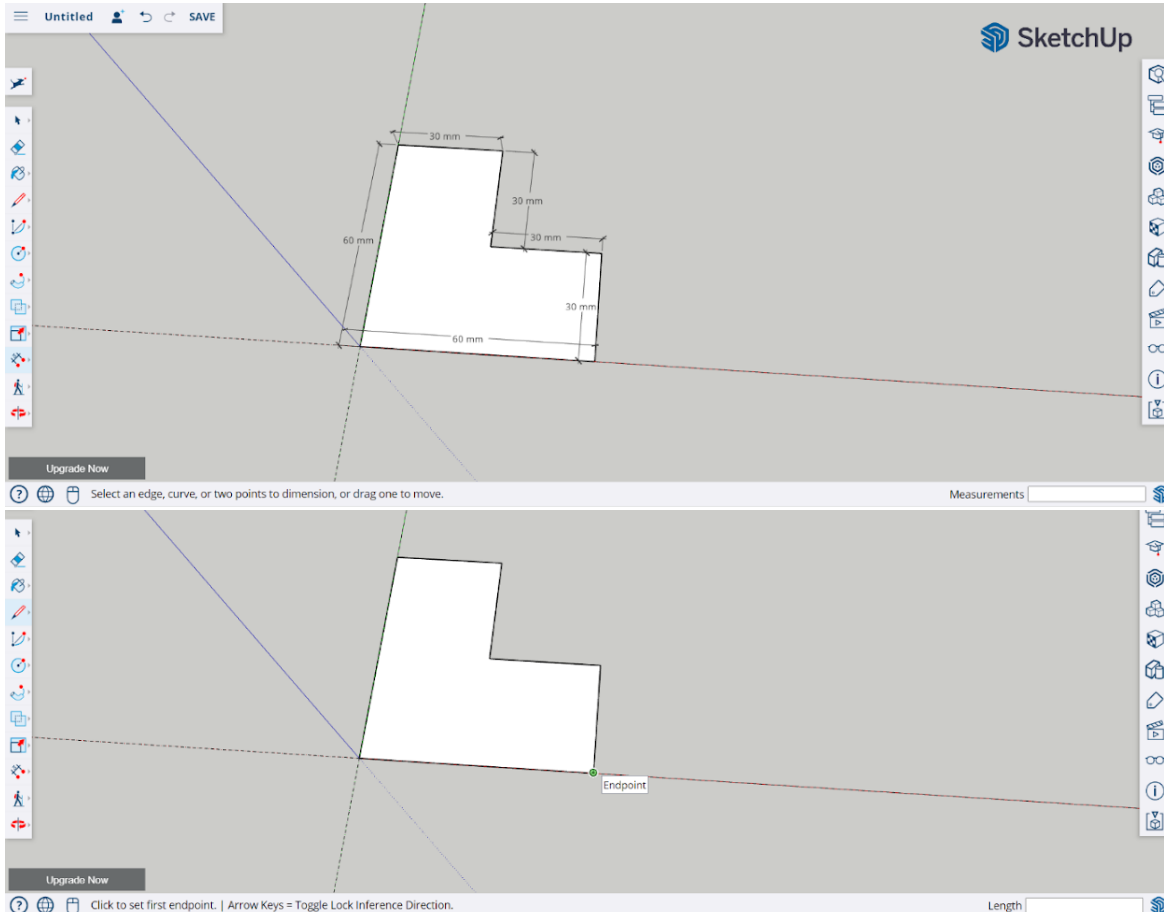


Figura 18. Dimensões do cubo 2x2x2

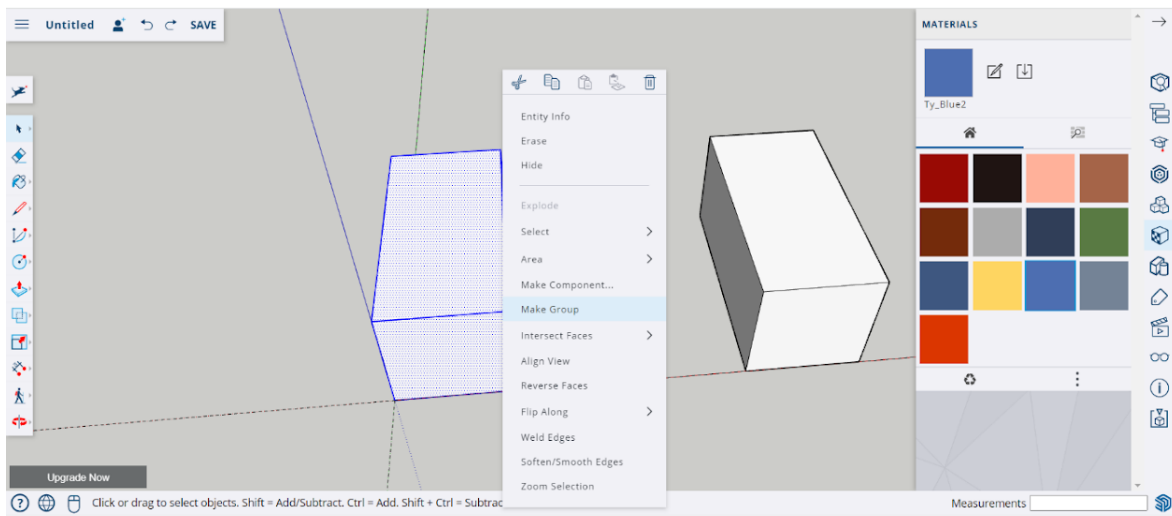
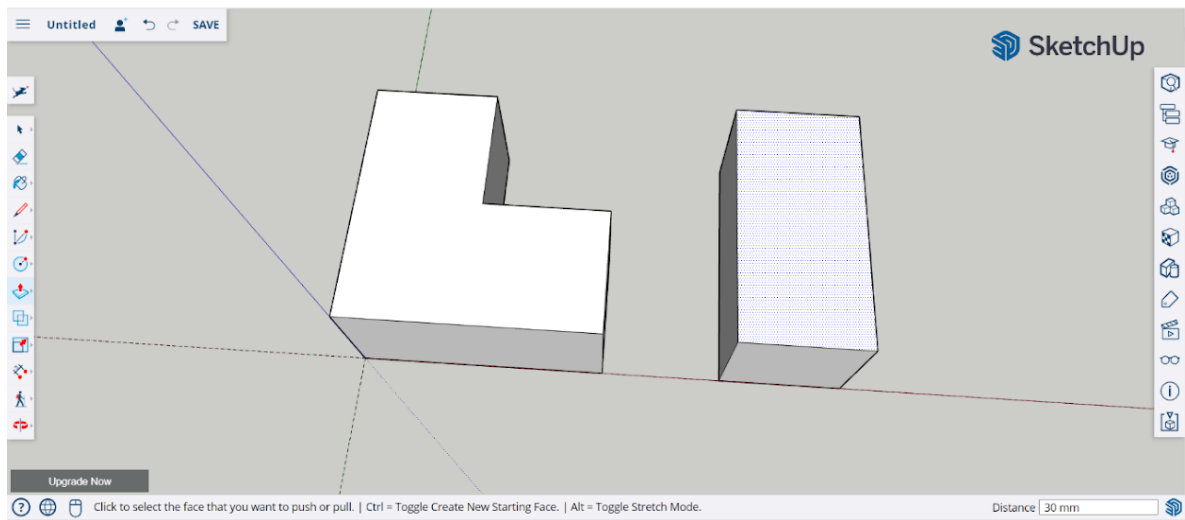
Passo 1: Utilize a ferramenta de linha para criar cada cubo com base nas dimensões apresentadas na figura acima.

Quando cria uma linha, pode ver se está a desenhar no eixo correto. Para criar a forma dos cubos, estamos a deslocar-nos ao longo dos eixos verde e vermelho.



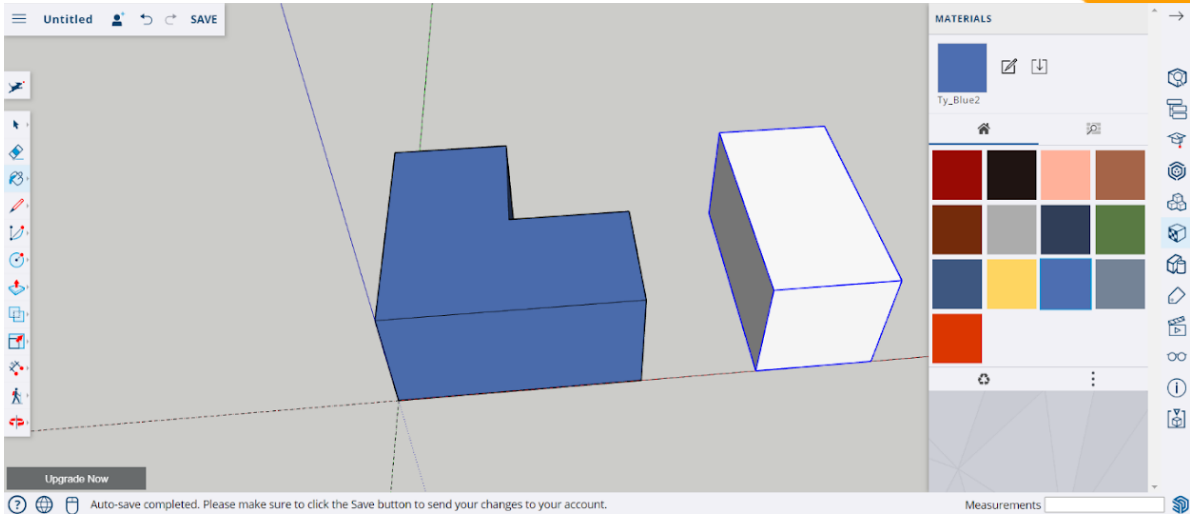


Passo 2: Utilize a ferramenta empurrar/puxar para fazer os cubos (30mm de largura).

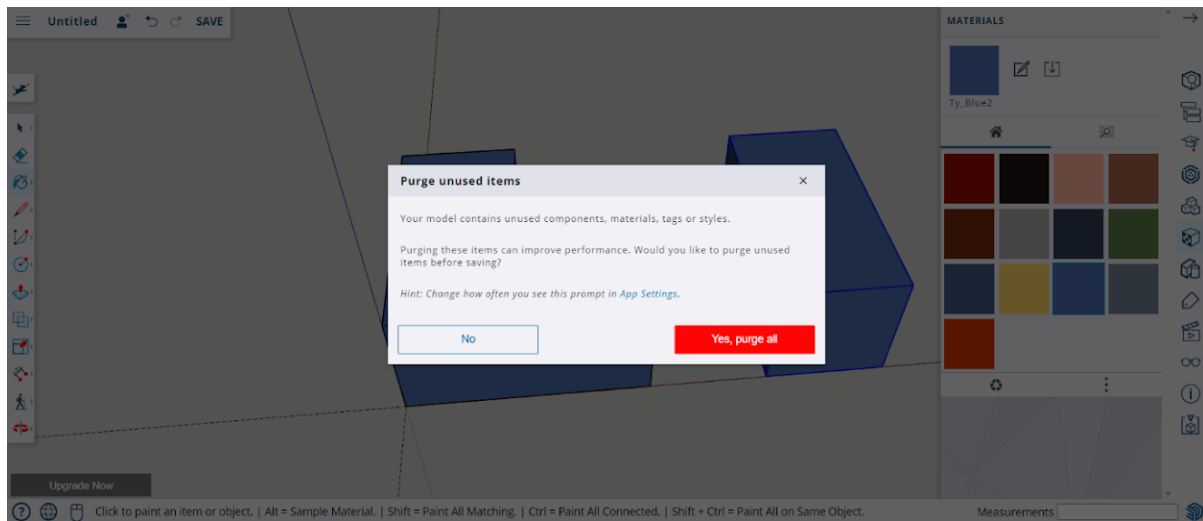


Passo 3: Selecciona cada cubo e transforma-os num grupo.

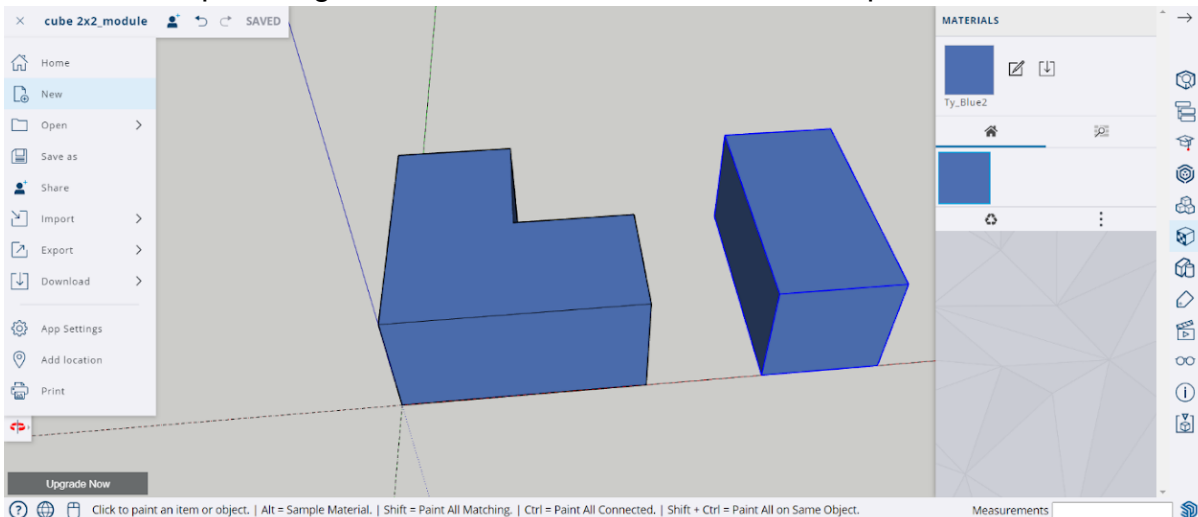
Passo 4 (opcional): Utilize a ferramenta de pintura e escolha a cor para fazer a tinta.



Passo 5: Guarde o seu ficheiro e elimine todos os itens.



Passo 6: Depois de guardar o cubo 2x2x2, crie um ficheiro para o cubo 3x3x3.



Passo 7: O mesmo processo é seguido para recriar as peças do cubo 3x3x3. Utilize as dimensões indicadas na figura abaixo e está tudo pronto.

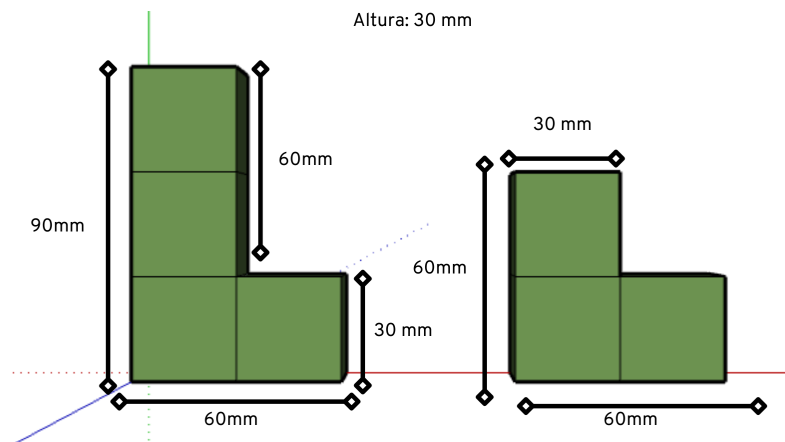


Figura 19. Dimensões do cubo 3x3x3

Dominó

Esta exposição utiliza peças de dominó para praticar competências numéricas a pares. As medidas abaixo indicam como recriar as peças no SketchUp.

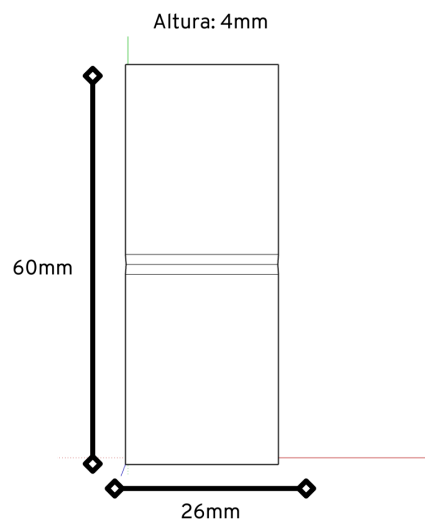
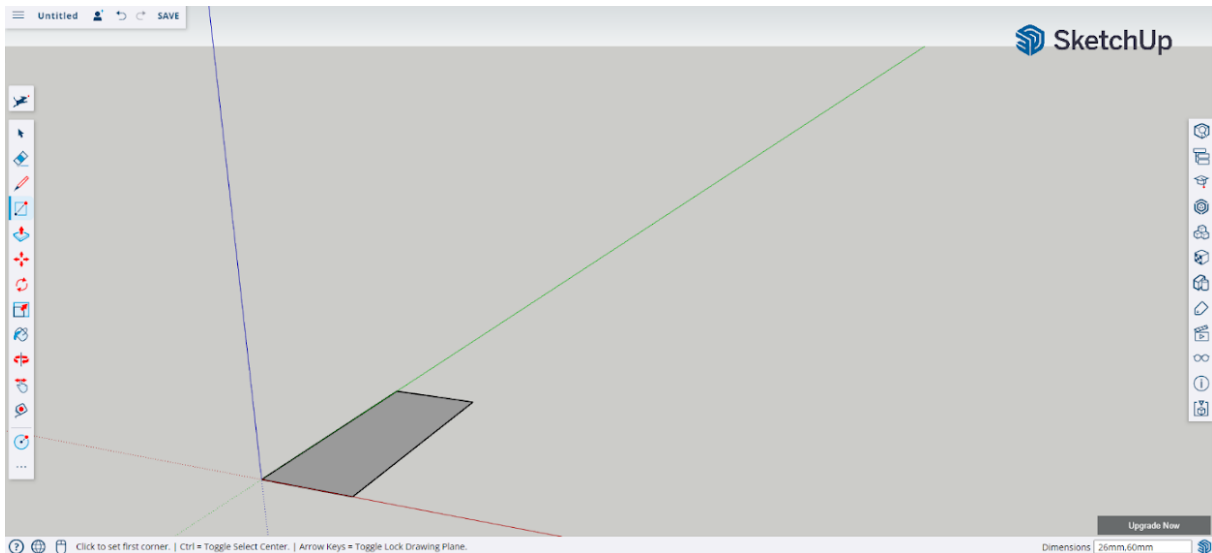
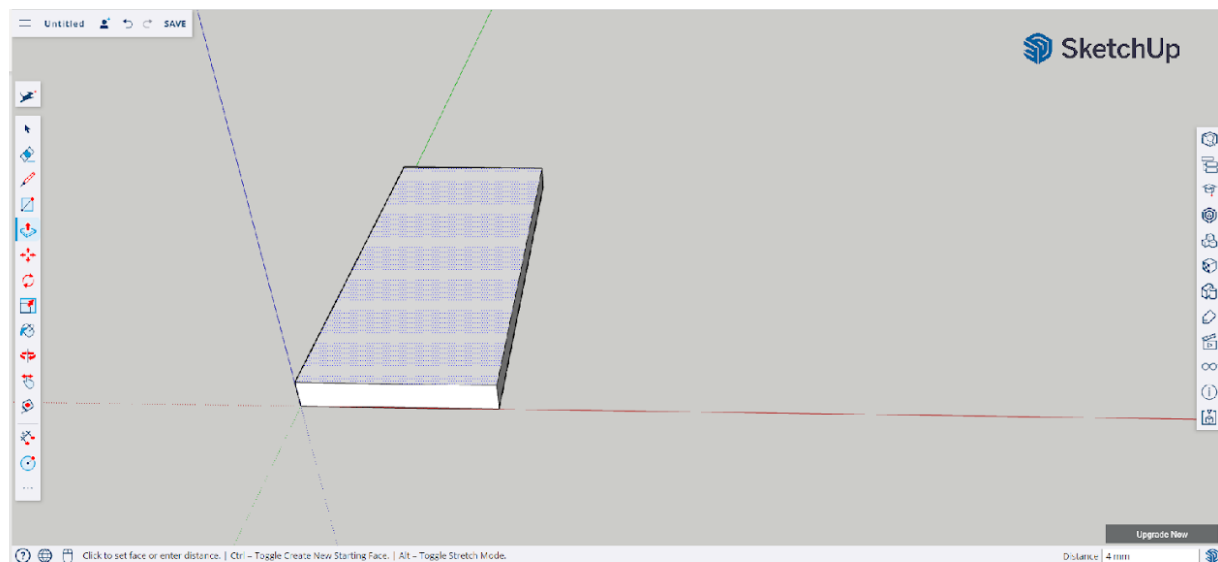


Figure 20. Dimensões das peças de Dominó

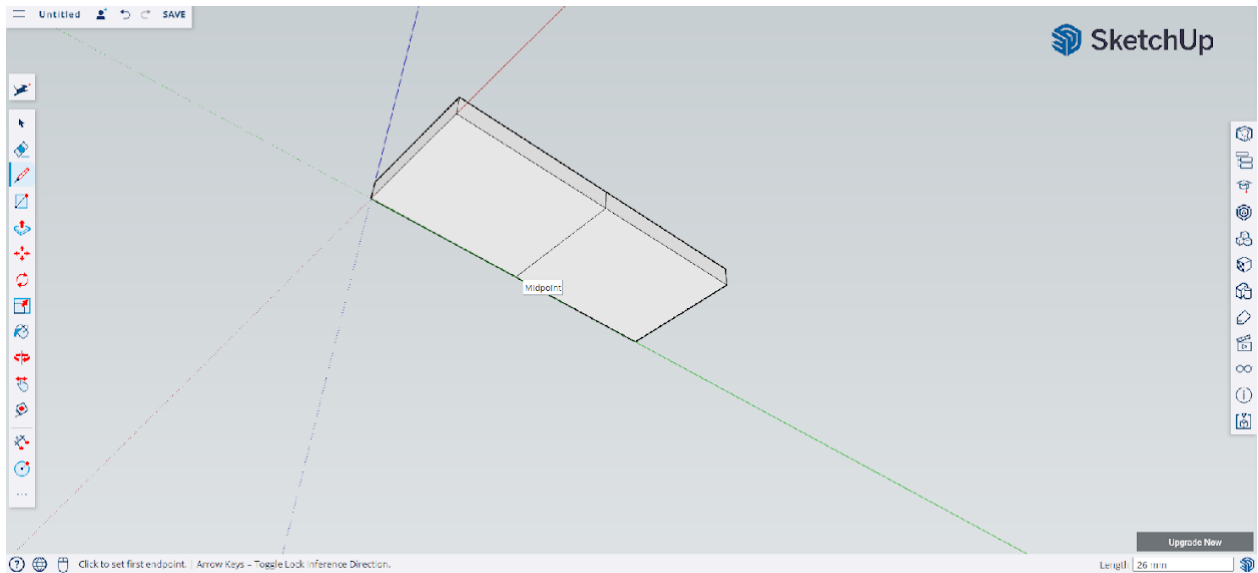
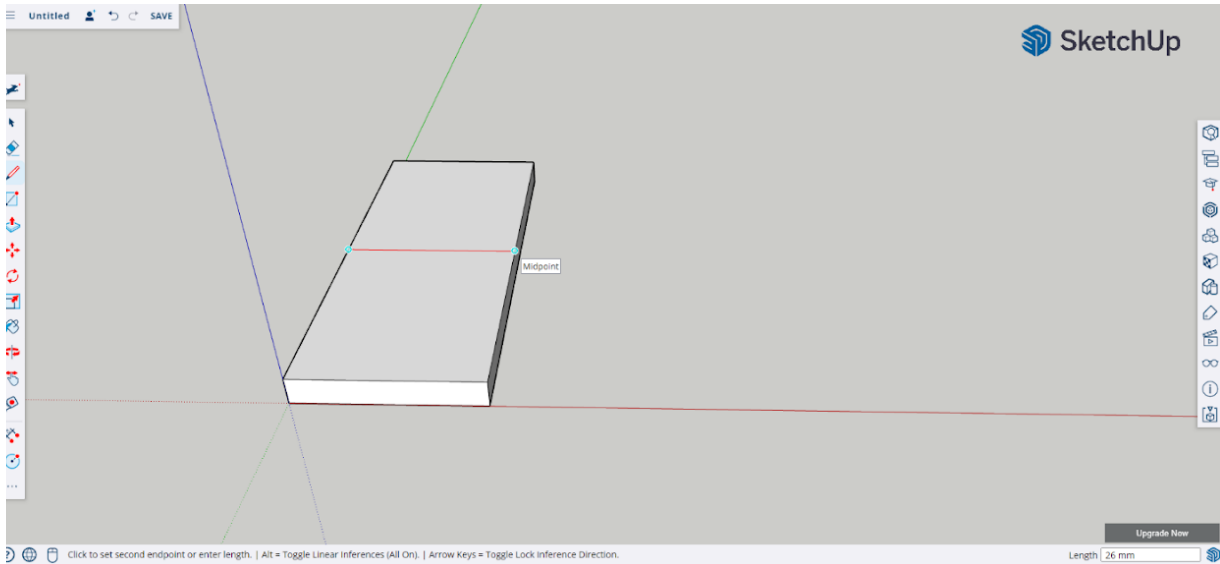
Passo 1: Desenhe o retângulo utilizando a ferramenta retângulo (26 mm x 60 mm)



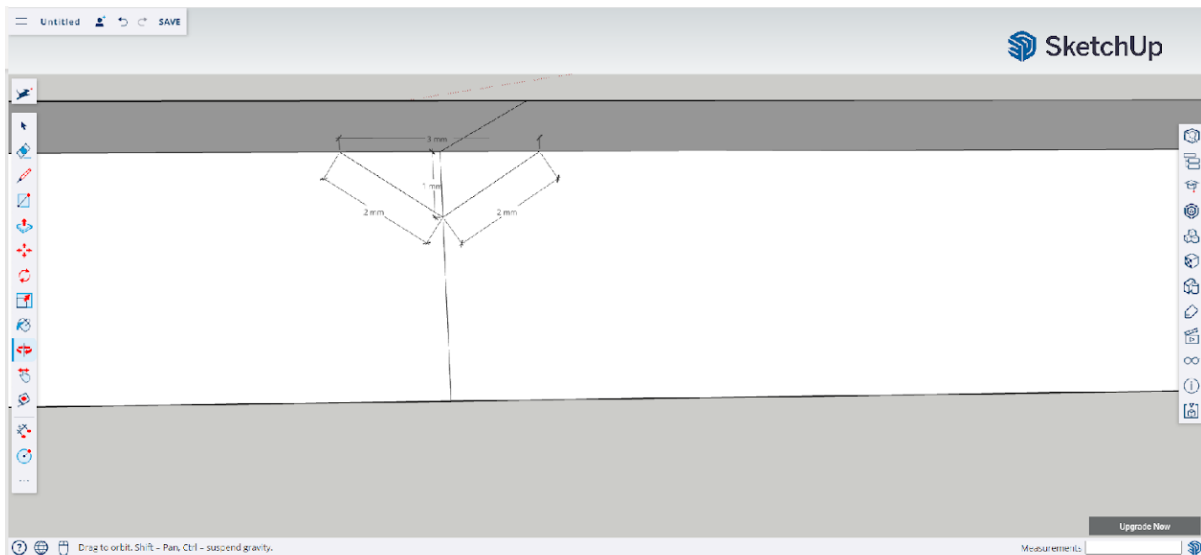
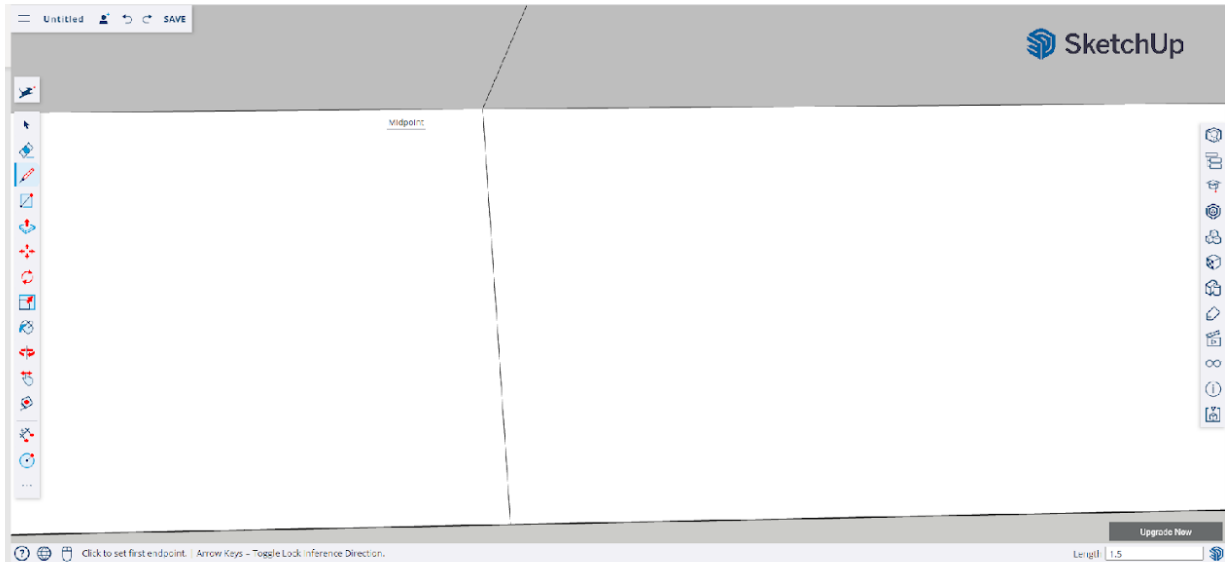
Passo 2: Utilize a ferramenta de empurrar/puxar para definir a altura para 4 mm.



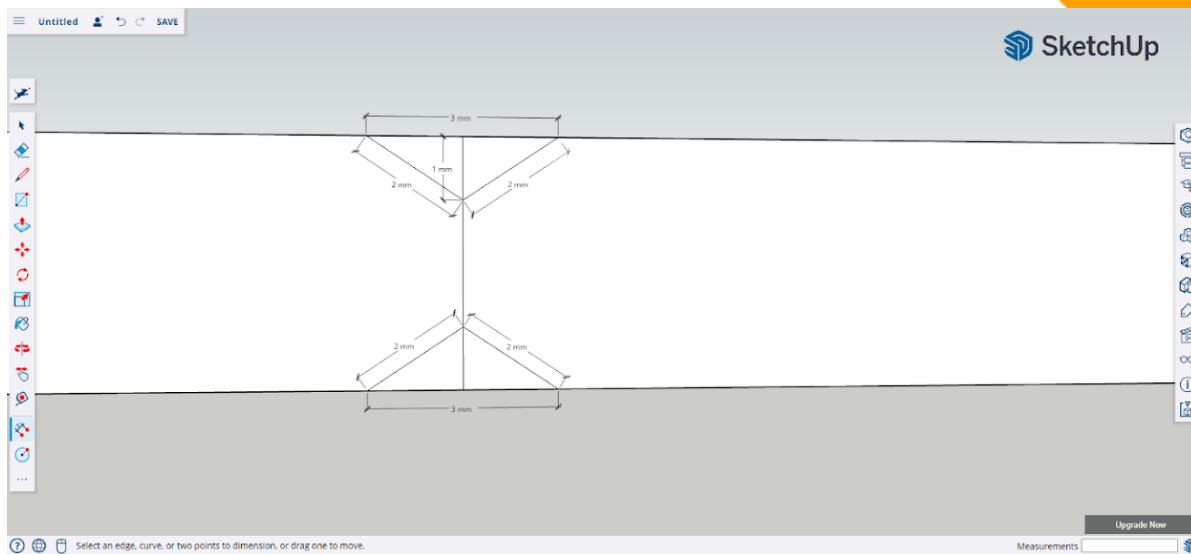
Passo 3: Utilize a ferramenta de linha para encontrar o ponto médio da peça de dominó. Certifique-se de que faz a linha em todos os lados do dominó.



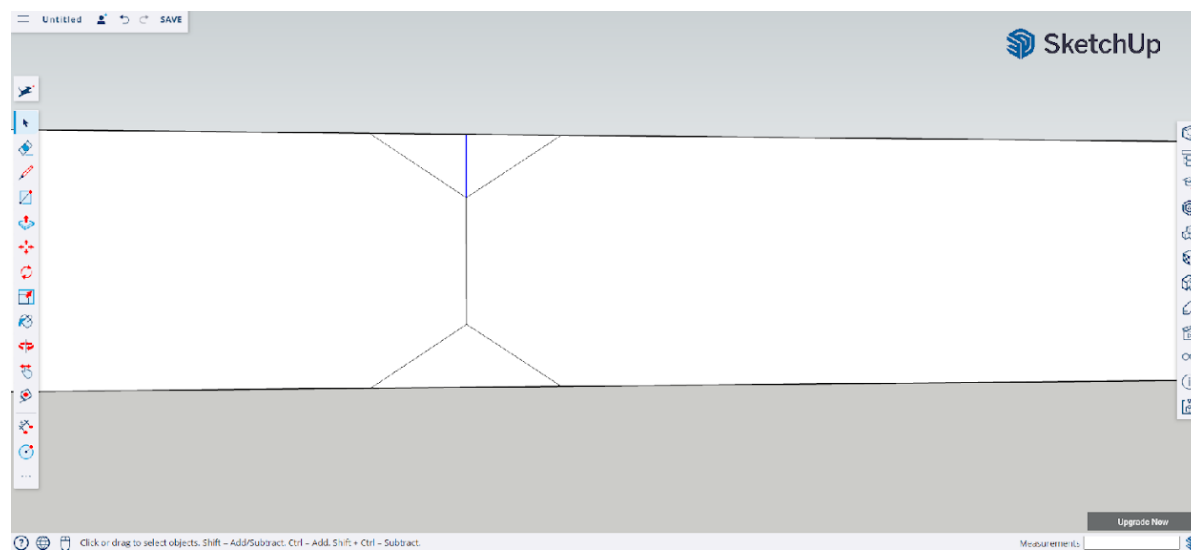
Passo 4: Rode a câmara para o lado e utilize a ferramenta de linha para marcar 1,5 mm da linha nos lados e 1 mm para baixo para fazer um triângulo.



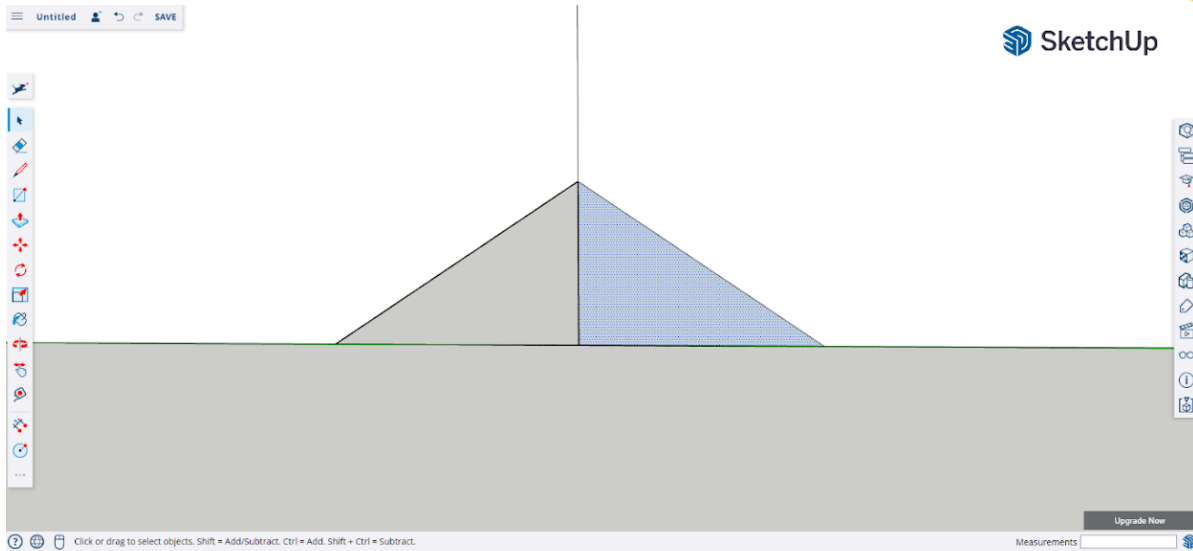
Faça o mesmo no lado inferior da peça de dominó.



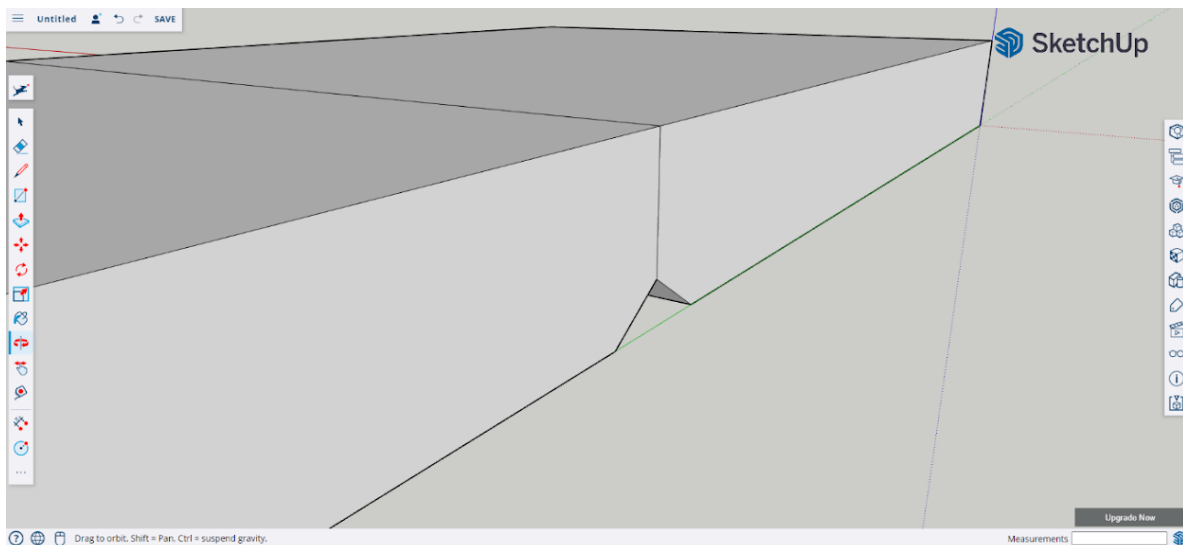
Passo 5: Seleccione a linha do meio e apague-a de ambos os triângulos.



Passo 6: Utilize a ferramenta de empurrar/puxar para fazer o corte triangular em ambos os lados.



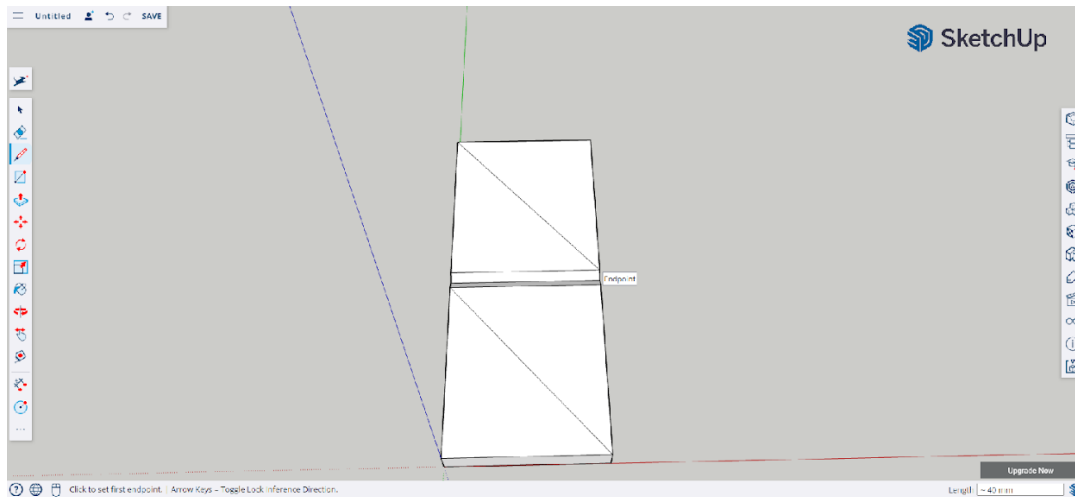
Não se esqueça de verificar em ambos os lados se não há material ou linhas à esquerda do triângulo.



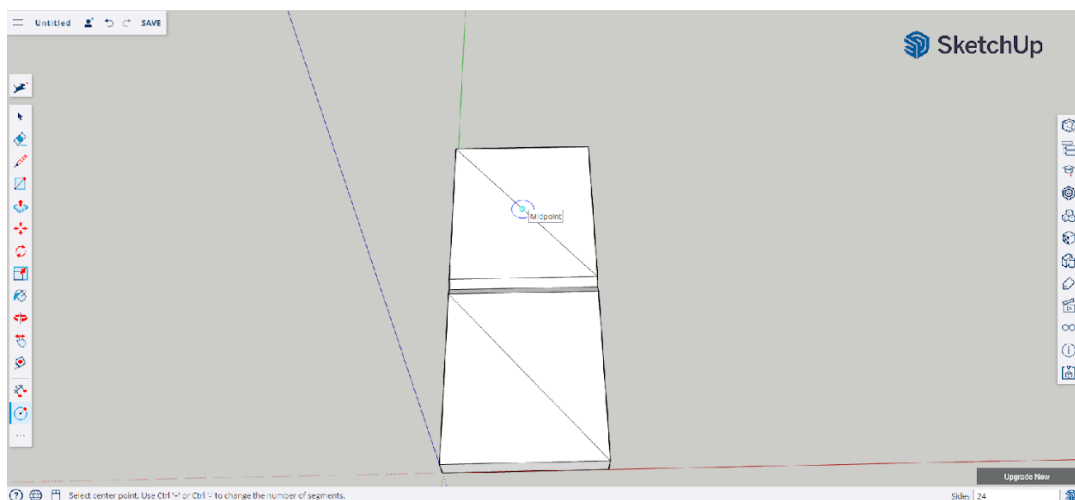
Passo 7: Utilize a ferramenta círculo para fazer os números nas peças de dominó. Deixa um sem nenhum para representar o zero.

Para fazer a peça de dominó com um ponto:

- a) Utilize a ferramenta de linha para desenhar uma linha diagonal no dominó.



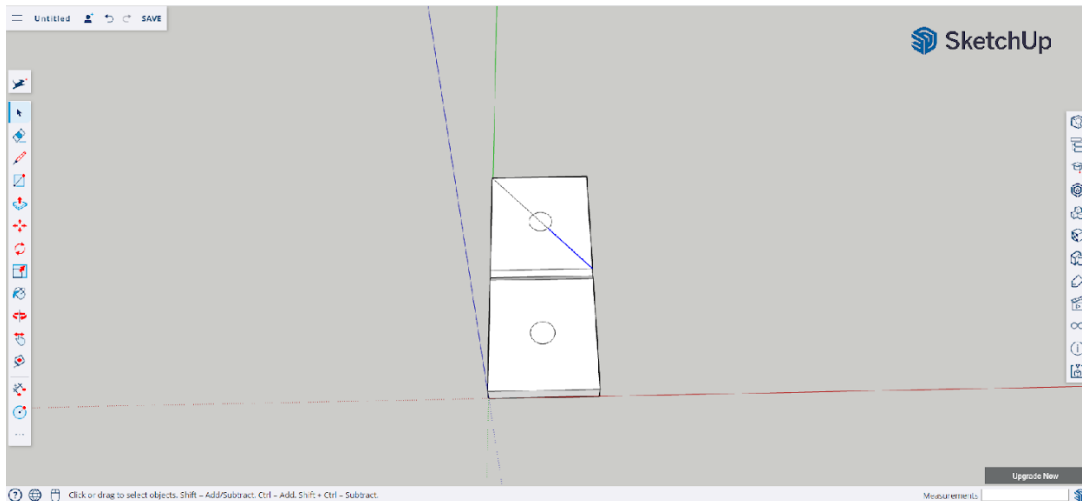
- b) Seleccione a ferramenta círculo e desloque-se na diagonal sobre a linha até encontrar o ponto médio.



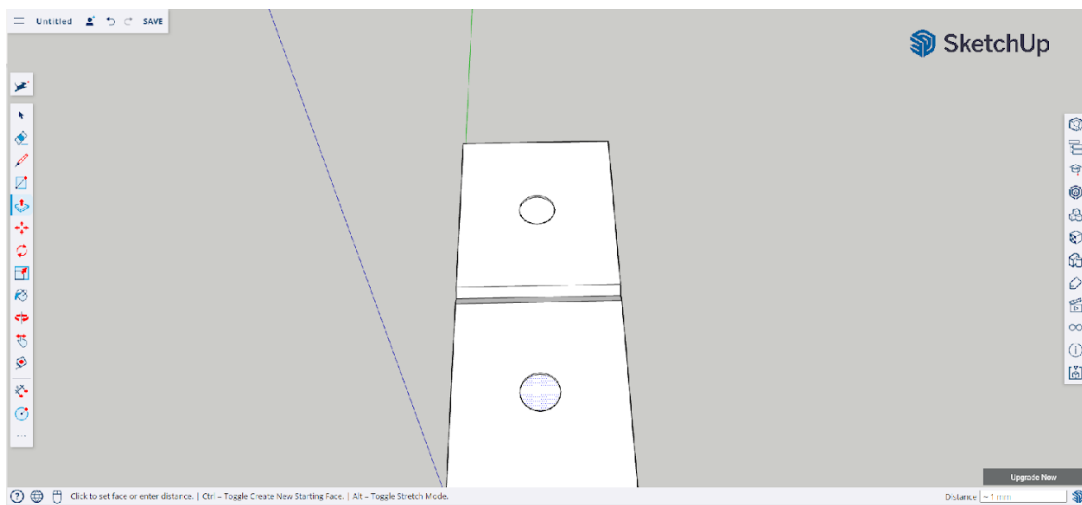
c) Defina o raio do círculo para 3 mm.



d) Seleccione as linhas diagonais e apague-as.



e) Utilize a ferramenta empurrar/puxar para baixo o círculo em 0,5 mm.



Passo 8: Repita este processo para as outras peças do dominó.

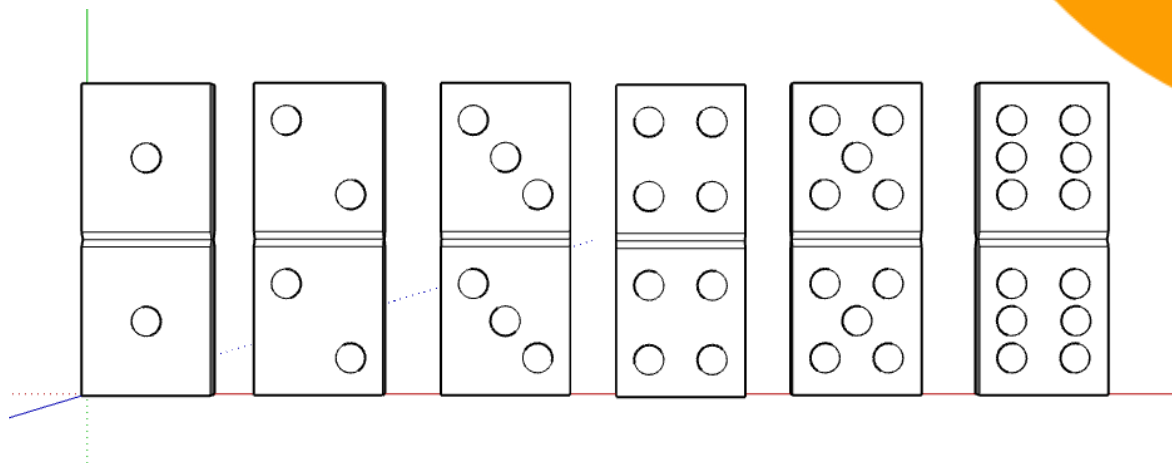


Figure 21. Todas as peças de dominó (feitas no SketchUp)

*** Certifique-se de que selecciona cada peça do dominó e a agrupa antes de a transferir para um ficheiro .STL.**

Opção alternativa: Cria a forma do dominó com base nas dimensões que especificámos (ou seja, 60 mm x 26 mm x 4 mm) e imprime-a 6 vezes. Depois de impresso, utilize um marcador permanente para fazer os círculos ou utilize autocolantes com círculos.

Moedas

A exposição Caixa das Moedas Escondidas pratica a probabilidade ao levar os alunos a contar quantas moedas de 1 e 2 estão na caixa, bastando para isso agité-la de cada vez. Esta exposição é composta por duas partes: a caixa e as moedas. Primeiro, vamos explicar como podemos modelar a caixa e depois as moedas.

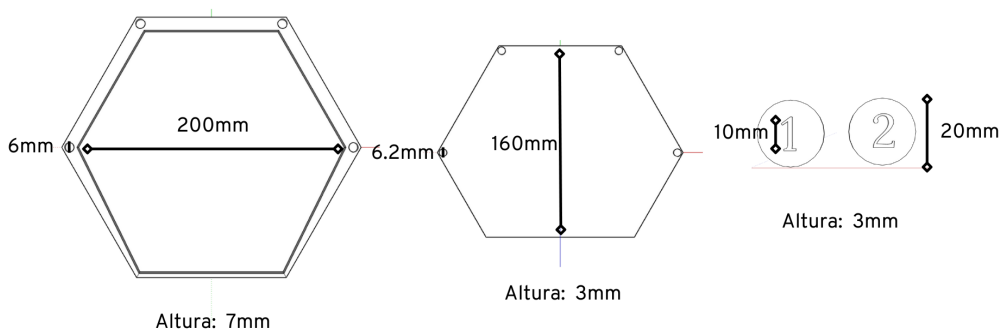


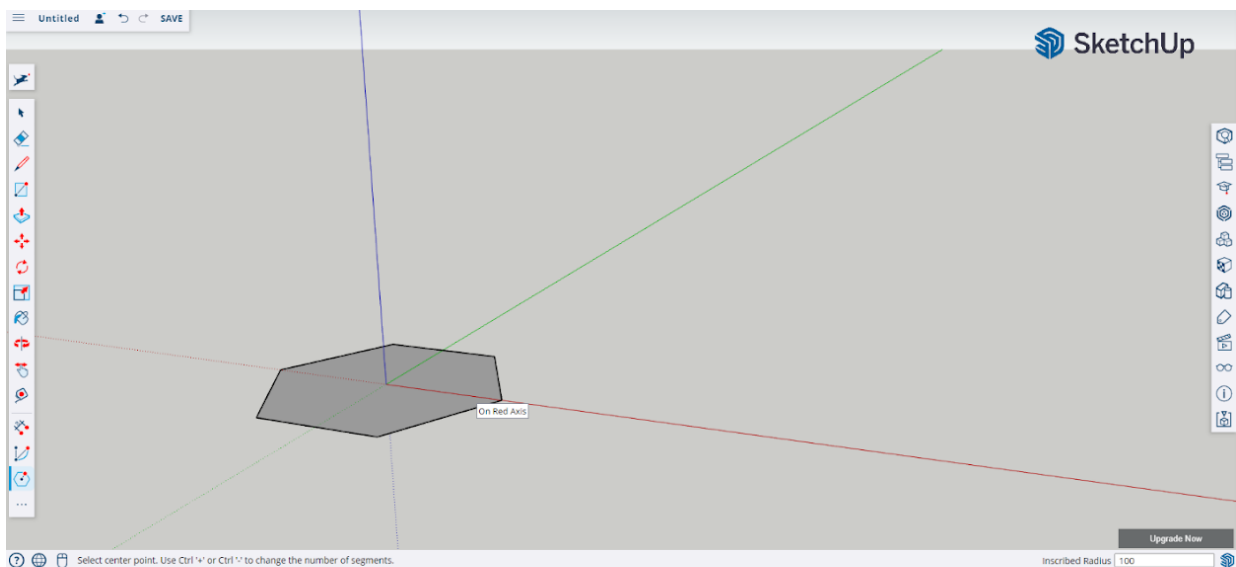
Figura 22. Dimensões das diferentes partes de Moedas

Caixa

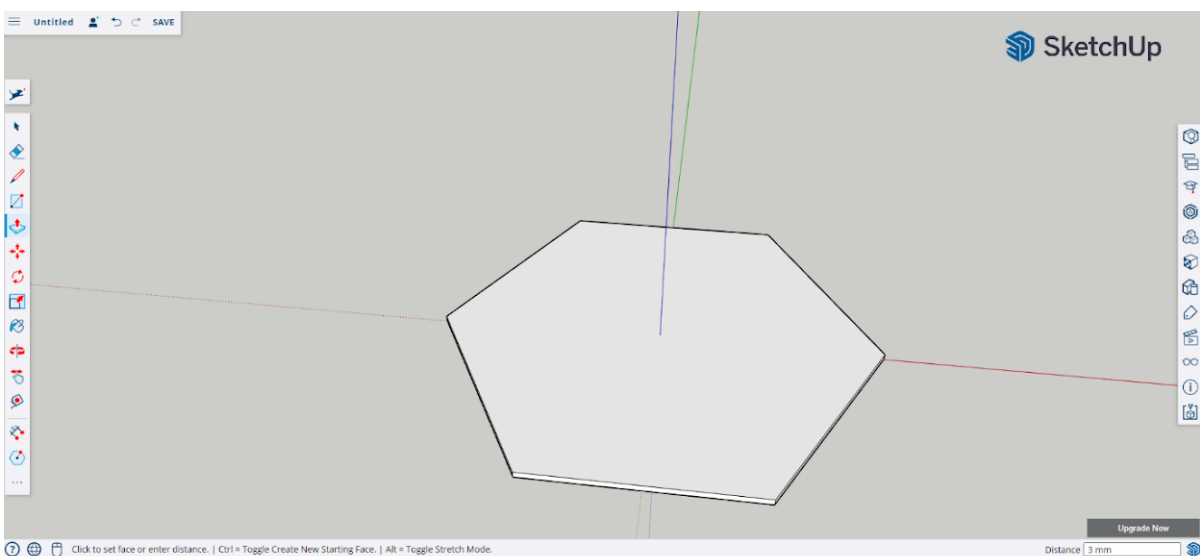
Antes, passamos aos passos a seguir. É importante referir que a caixa será dividida em duas partes que podem ser montadas depois de impressas para permitir a inserção das moedas.

Topo da Caixa

Passo 1: Utilize a ferramenta polígono para desenhar um hexágono com um raio de inscrição de 100 mm. Utilize os eixos para o ajudar a centrar o hexágono.

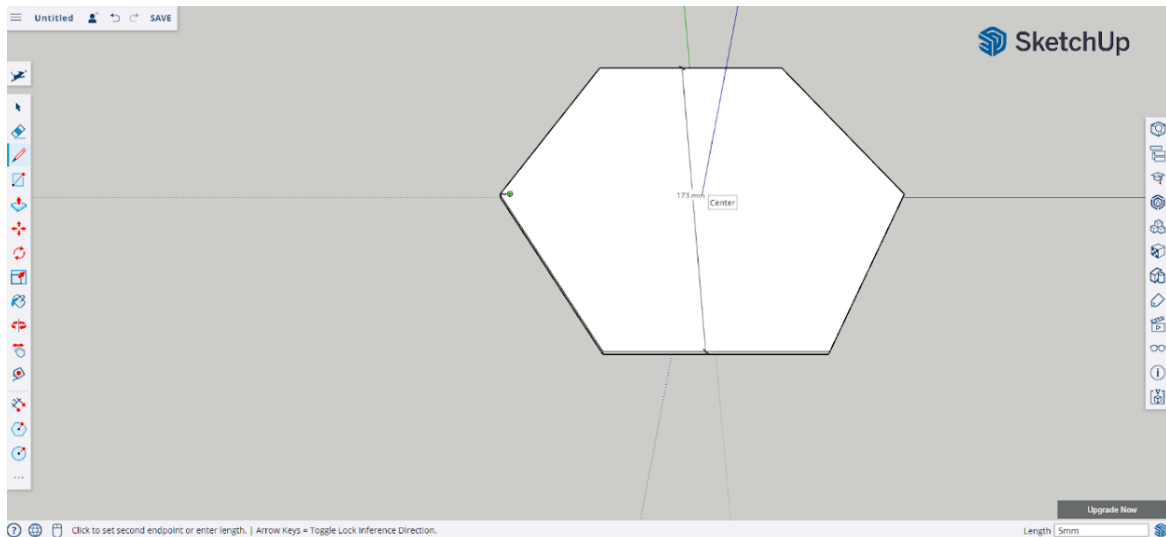


Passo 2: Utilize a ferramenta de empurrar/puxar para definir a altura para 3 mm.

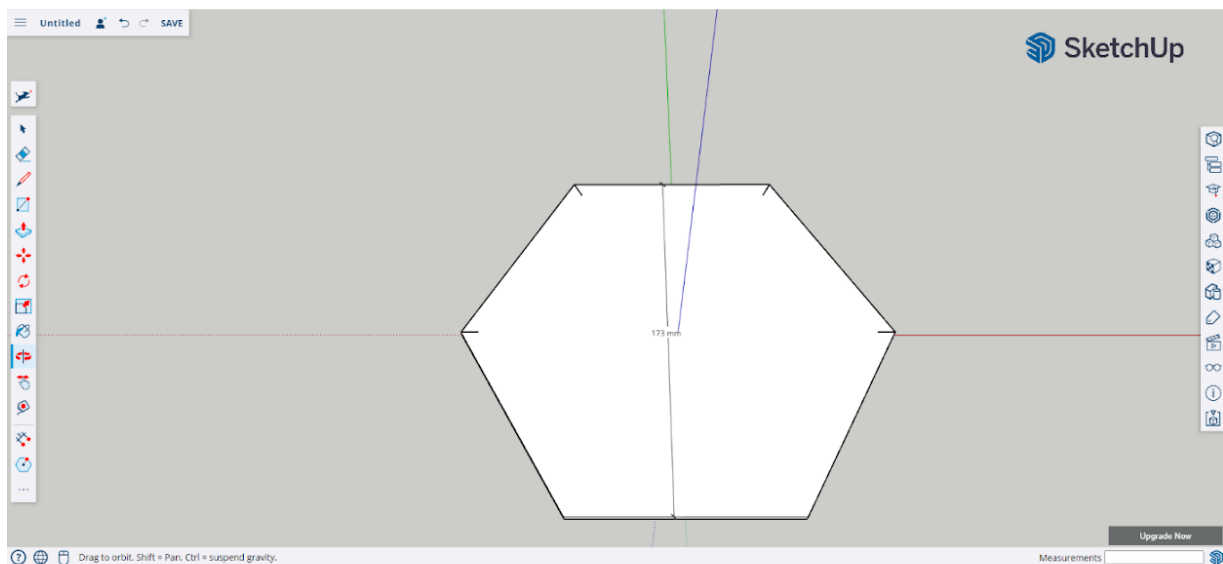


Passo 3: Agora é altura de criar 4 círculos que servirão como peças de montagem mais tarde.

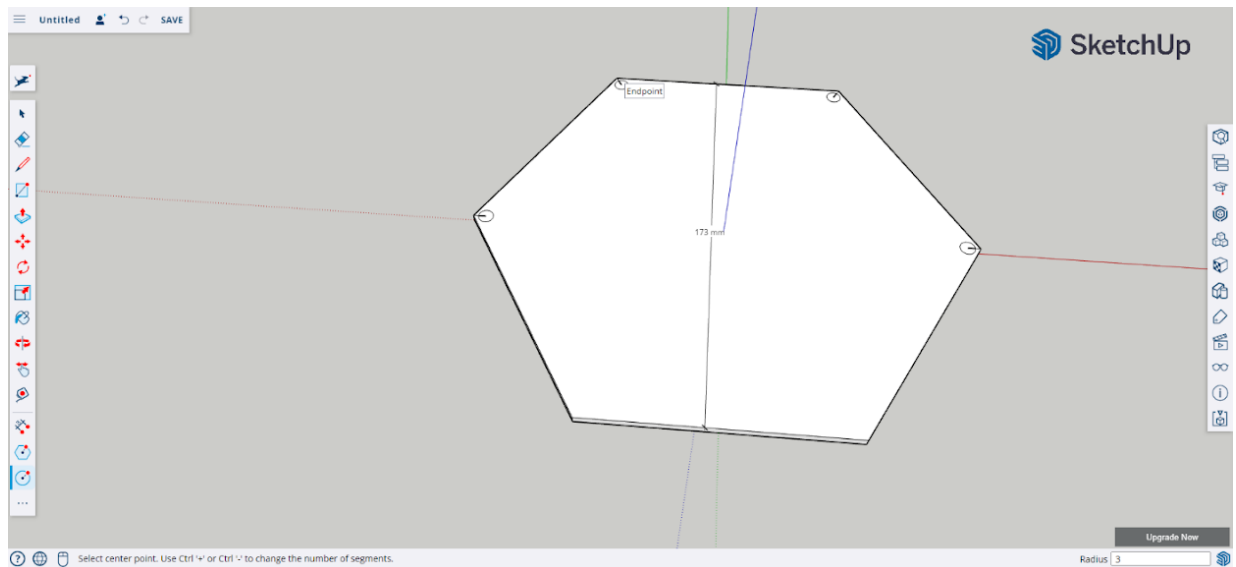
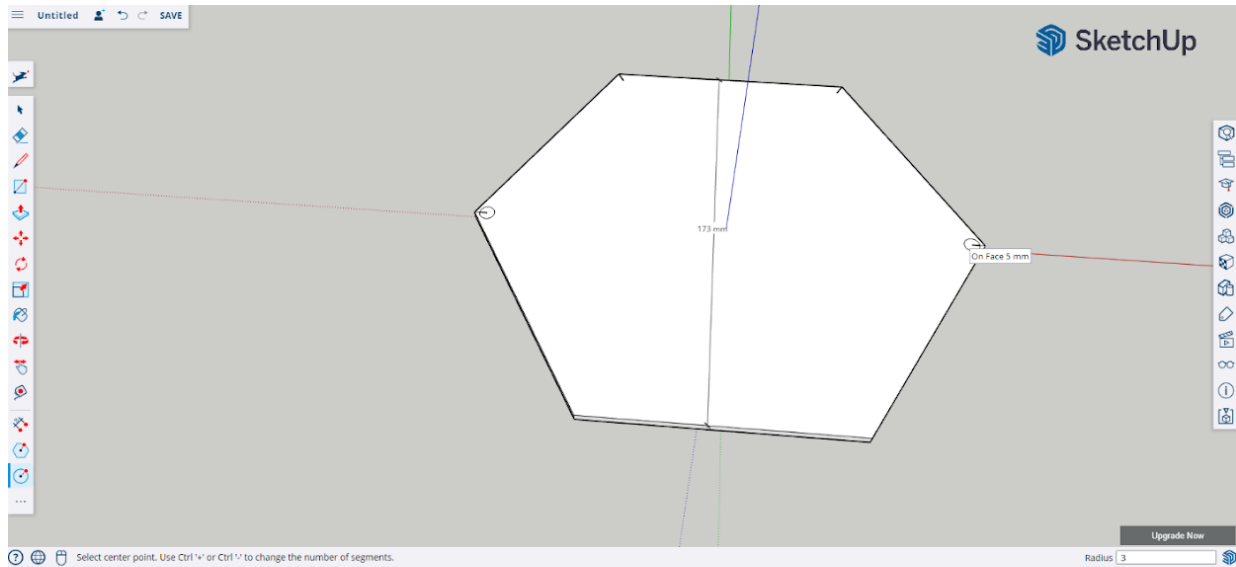
1. Utilize a ferramenta de linha para marcar a distância do círculo. Apagaremos a linha depois de criarmos os círculos. Defina a distância para 5 mm.



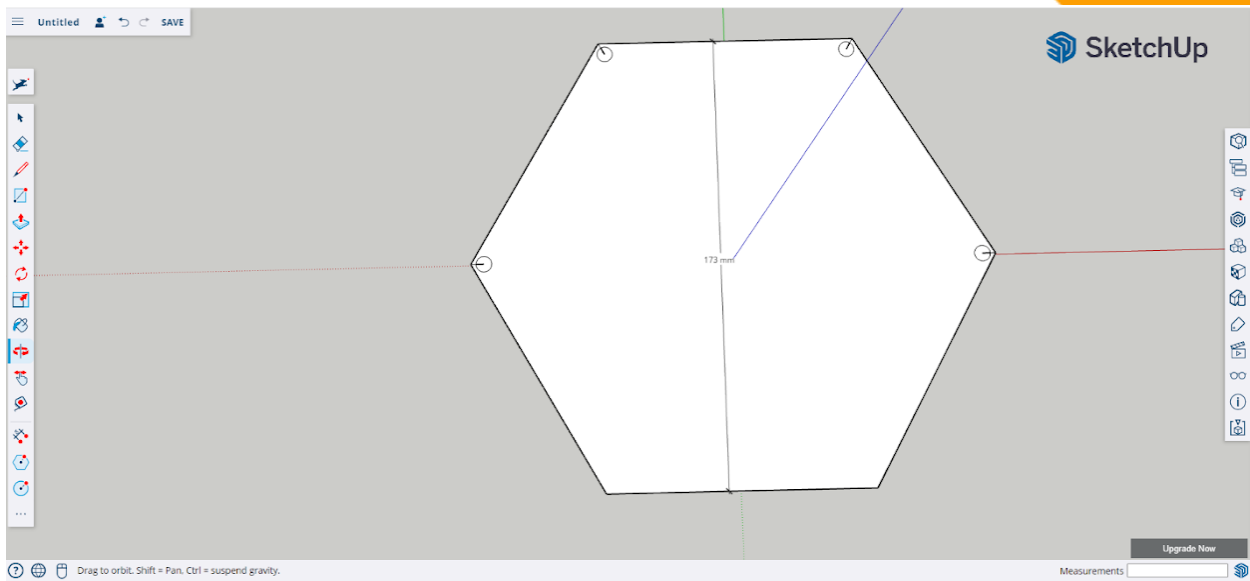
2. Repita o processo para marcar os outros 3 ângulos.



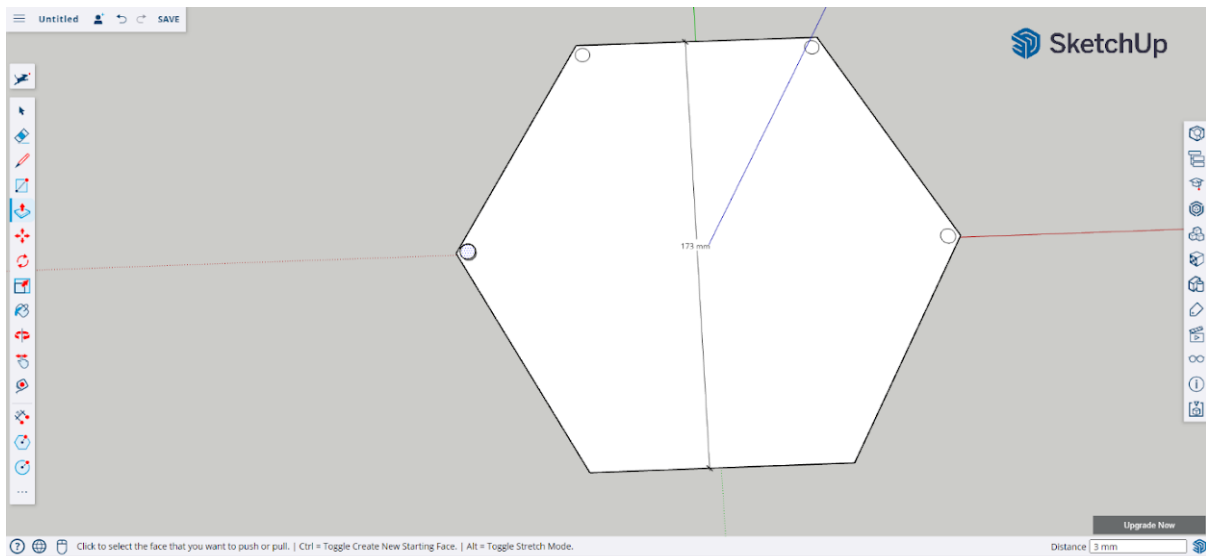
Passo 4: Utilize a ferramenta de círculo, colocando-a no final de cada marcação que criámos. Defina o raio do círculo para 3 mm.

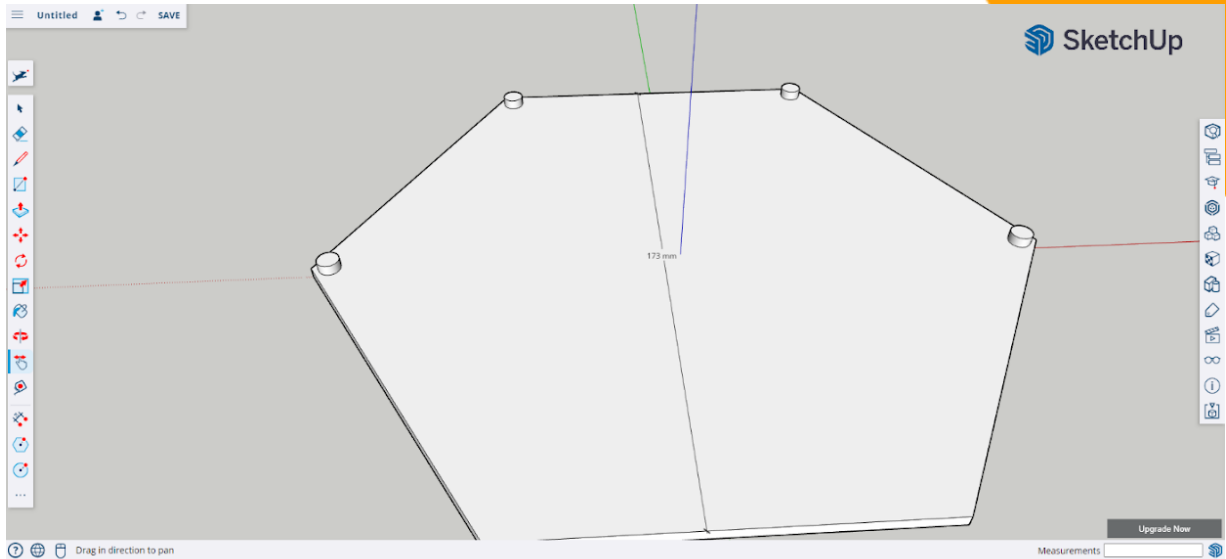


Passo 5: Selecciono as linhas de marcação e elimine-as.

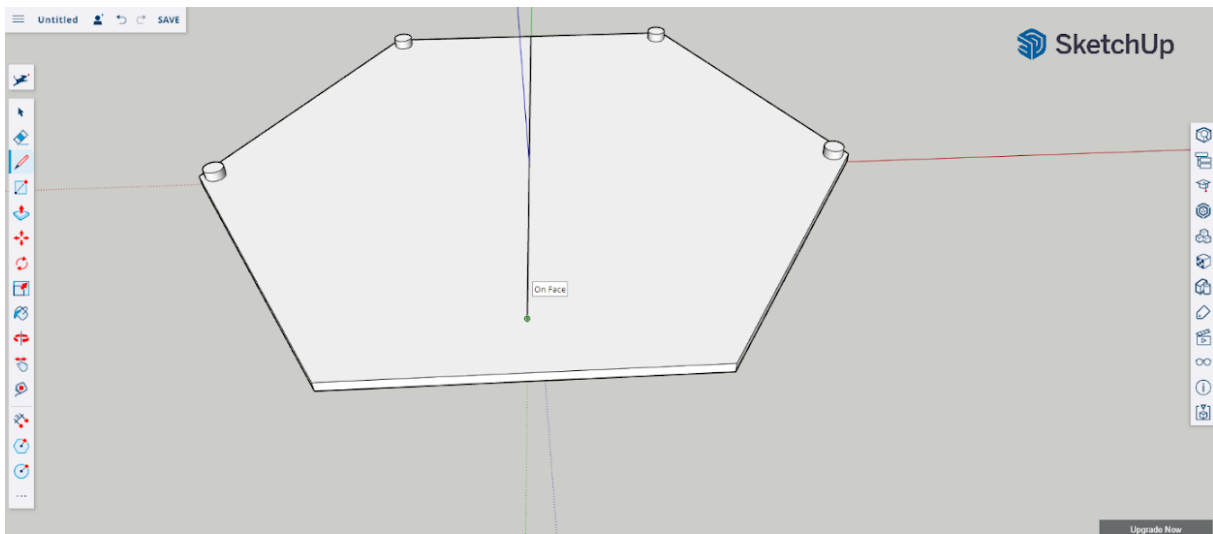


Passo 6: Utilize o empurrar/puxar para aumentar os círculos para 3 mm.

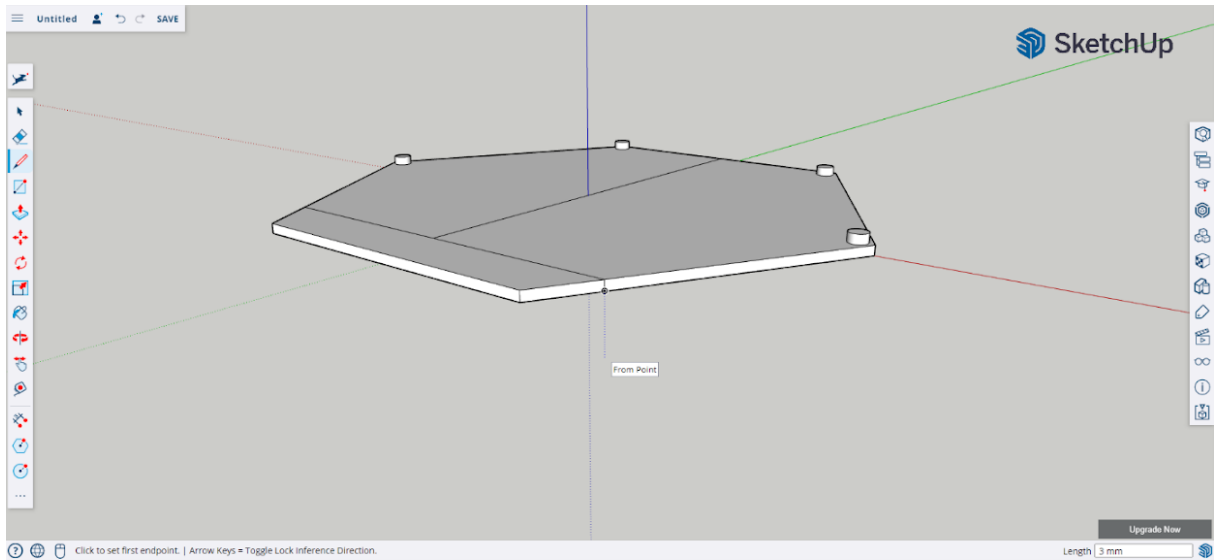




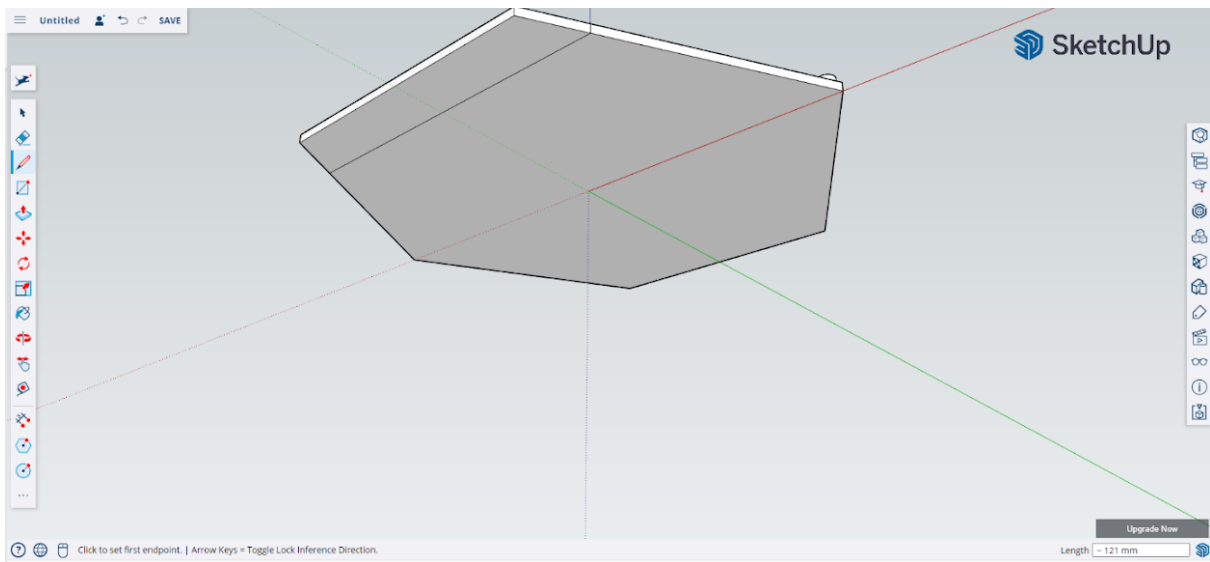
Passo 7: Depois de levantar todos os círculos, utilize a ferramenta de linha para encontrar o ponto médio do lado superior do hexágono e faça uma linha com uma distância de 160 mm.



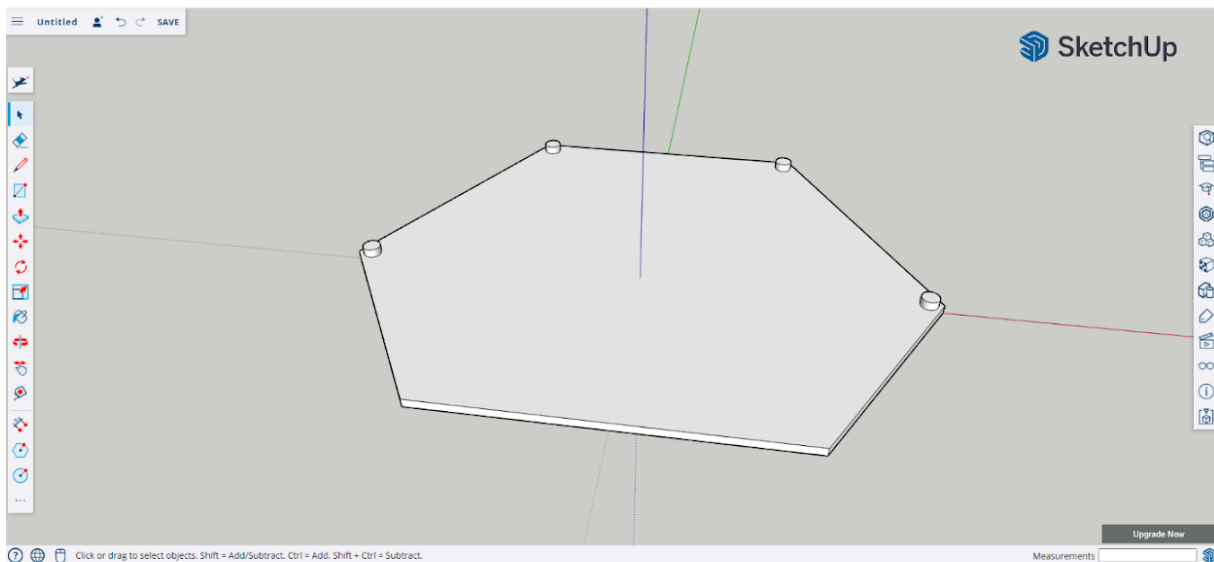
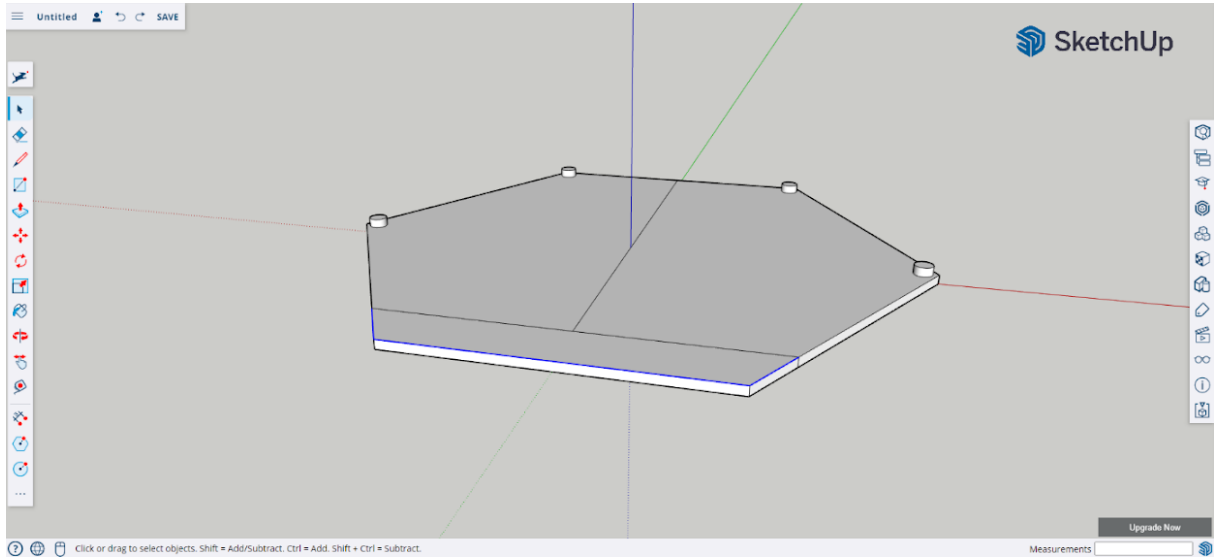
Passo 8: Depois de o marcar, faça uma linha que atravesse o polígono de todos os lados.



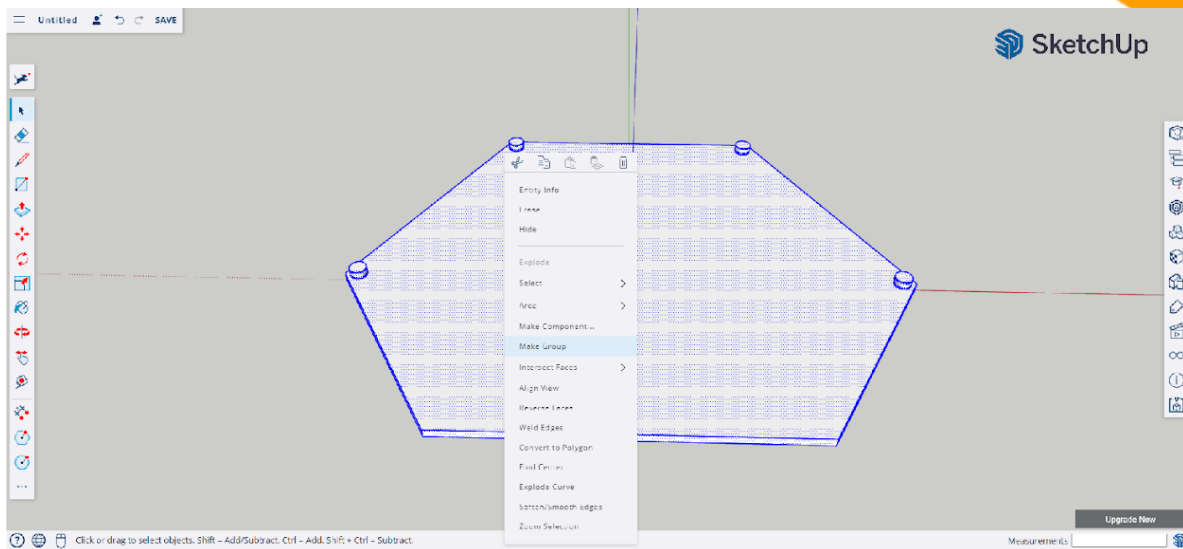
*** Não esquecer a parte de trás do polígono**



Passo 9: Seleccione e elimine cada linha de marcação que criou.



Passo 10: Clique no objeto 3 vezes para o selecionar todo e clique com o botão direito do rato e seleccione a opção "Criar grupo".

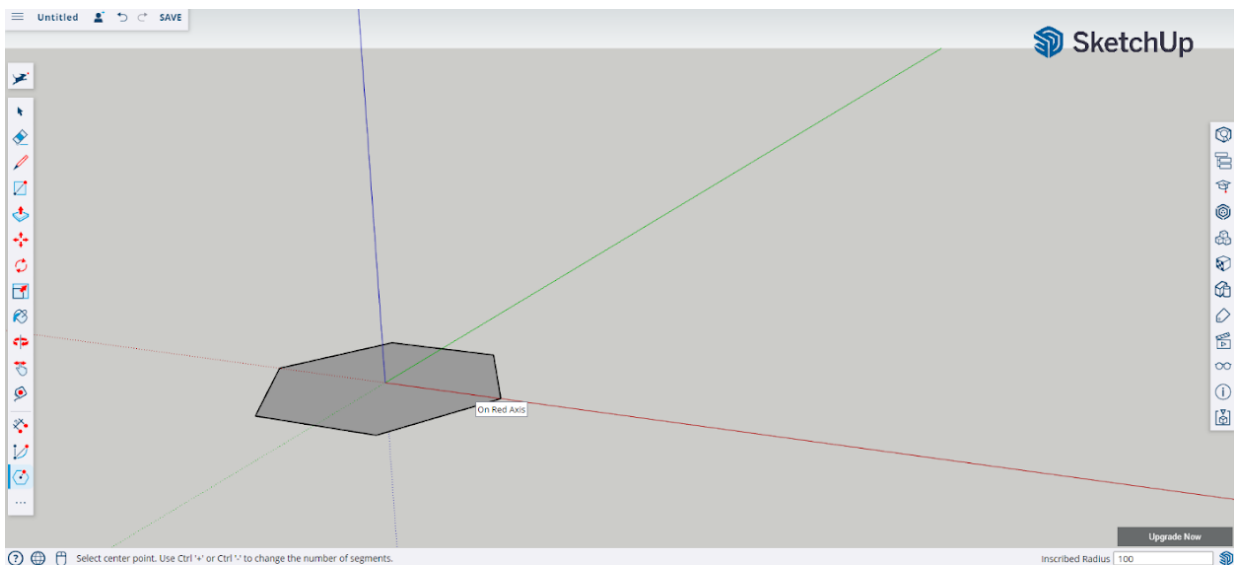


*** Não se esqueça de guardar o ficheiro no dispositivo ou no Trimble connect.**

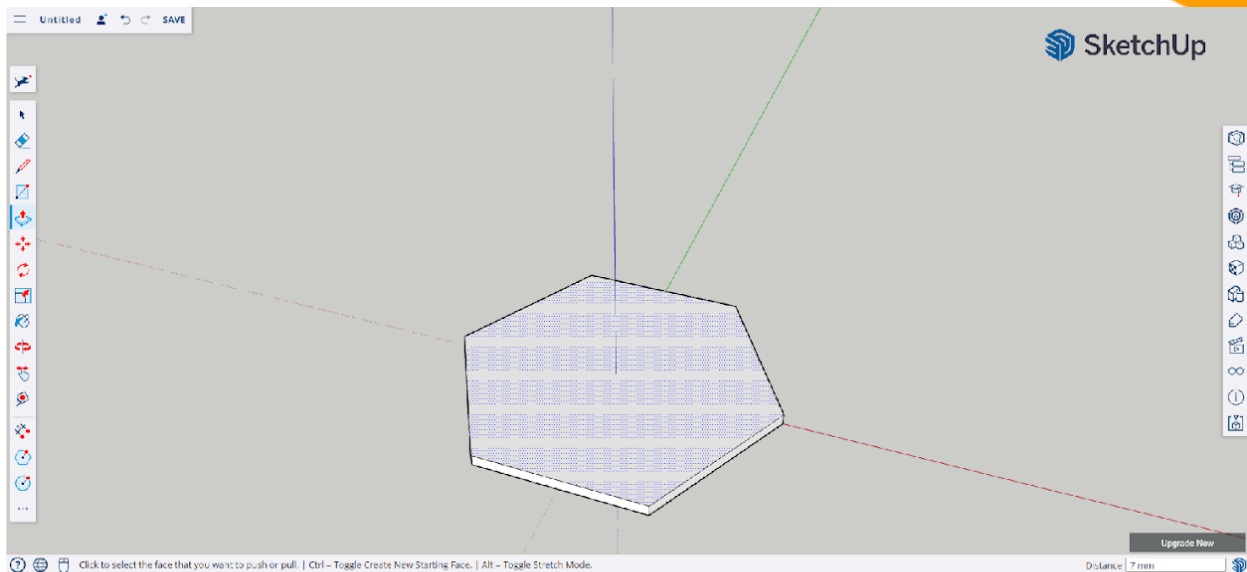
A parte superior do porta-moedas está pronta. Tivemos de a tornar mais curta para se adaptar ao tamanho das moedas a mostrar quando se abana o porta-moedas. Agora vamos abrir um novo ficheiro para criar a parte inferior

Parte inferior da caixa

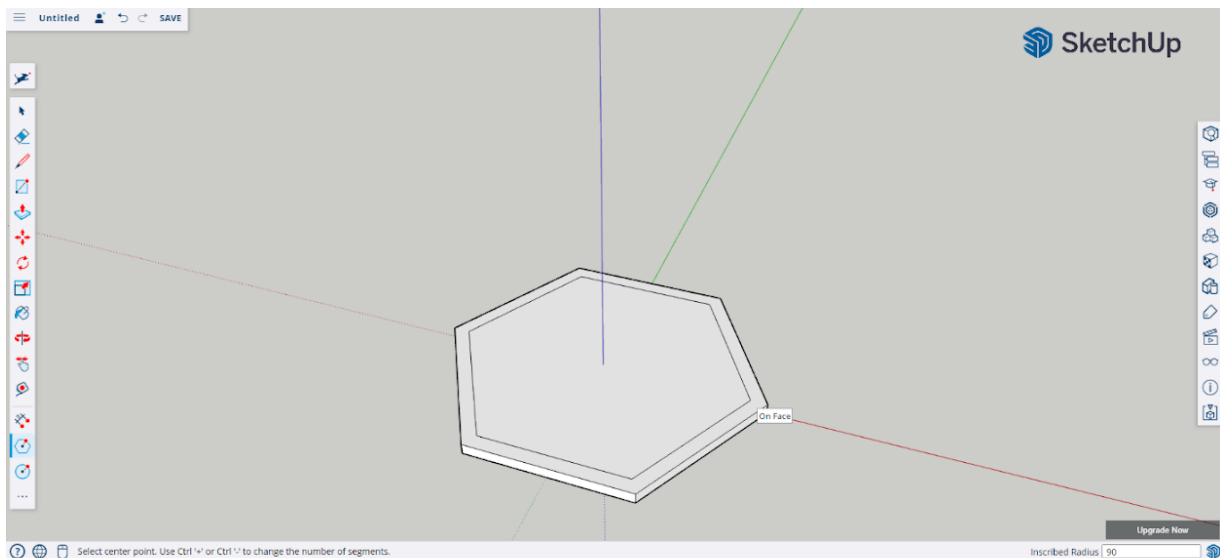
Passo 1: À semelhança da parte superior, utilize a ferramenta polígono para desenhar um hexágono com um raio inscrito de 100 mm. Utilize os eixos para o ajudar a centrar o hexágono.



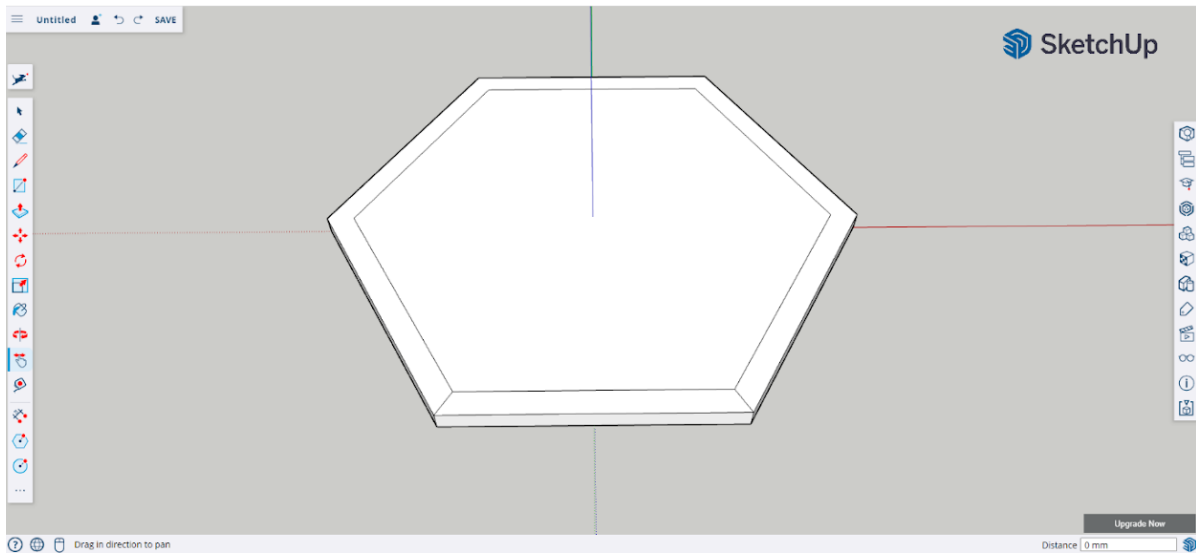
Passo 2: Utilize a ferramenta empurrar/puxar para aumentar o polígono para 7 mm.



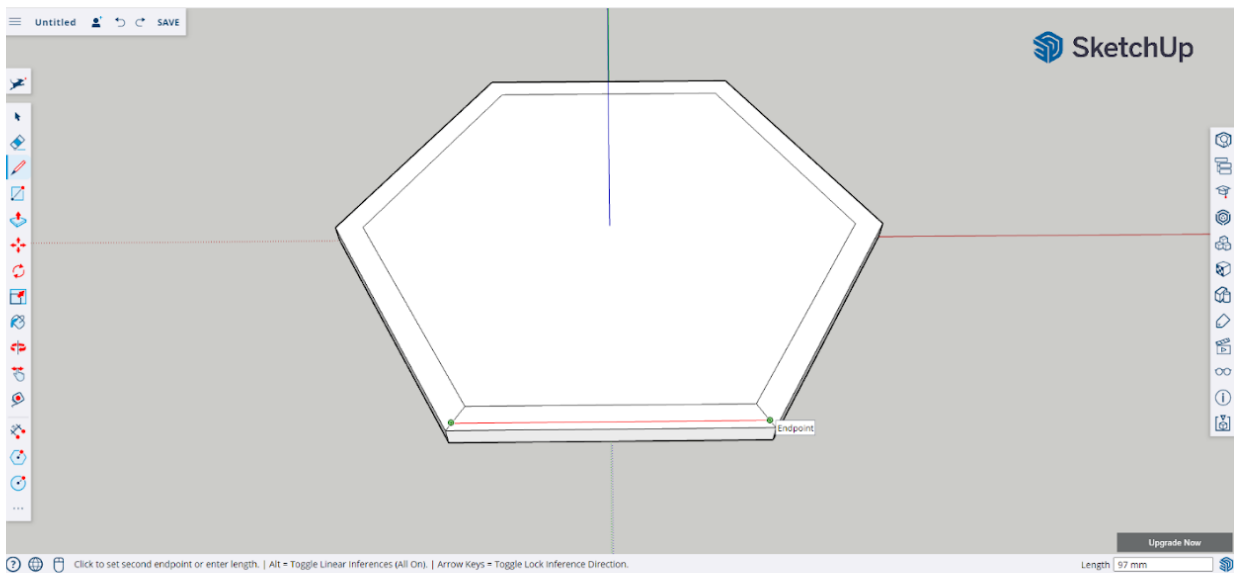
Passo 3: Utilize a ferramenta polígono para criar outro polígono dentro do polígono existente. Defina o seu raio para 90 mm. Utilize o centro para o ajudar a alinhar.



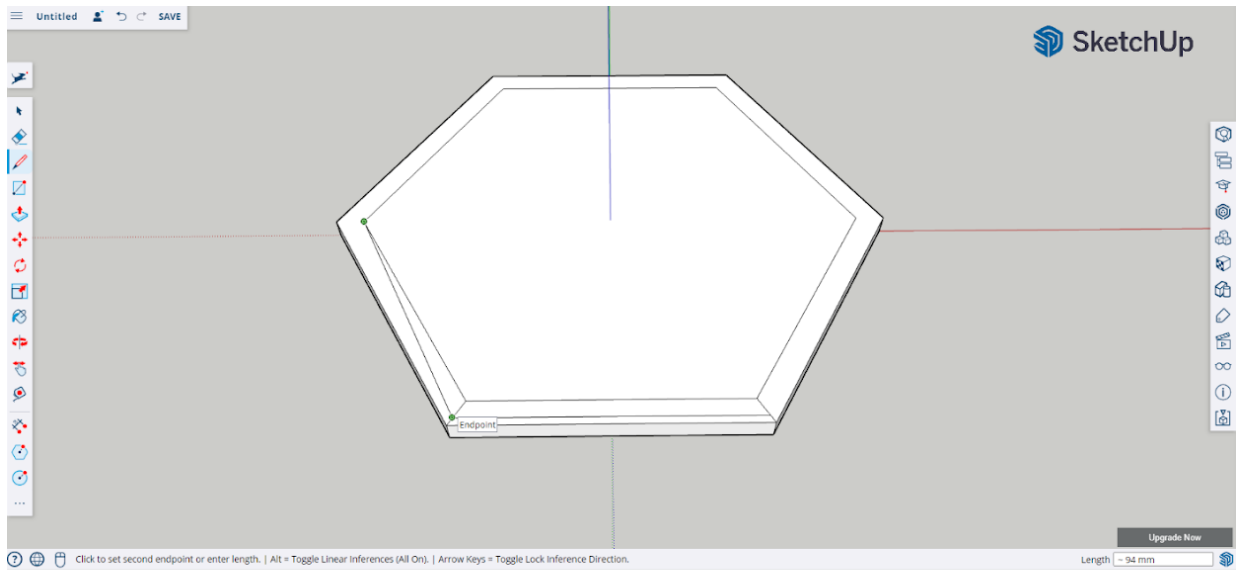
Passo 4: Utilize a ferramenta de linha para criar a forma da parte inferior do polígono.



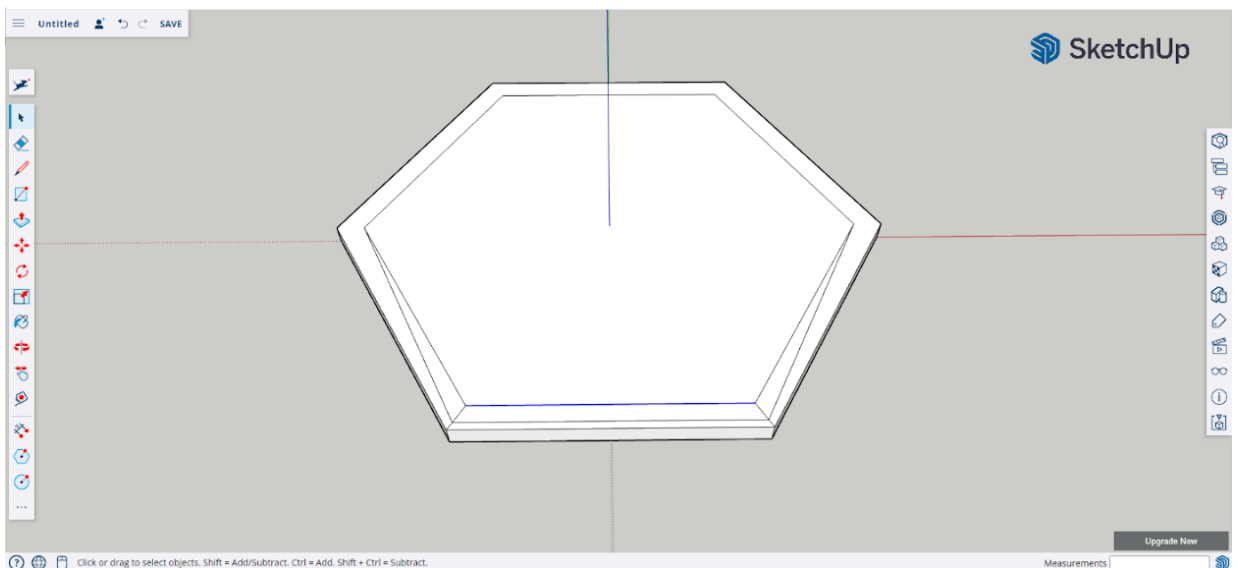
Passo 5: Meça 3 mm com a ferramenta de linha no lado de cada um para desenhar uma linha reta.

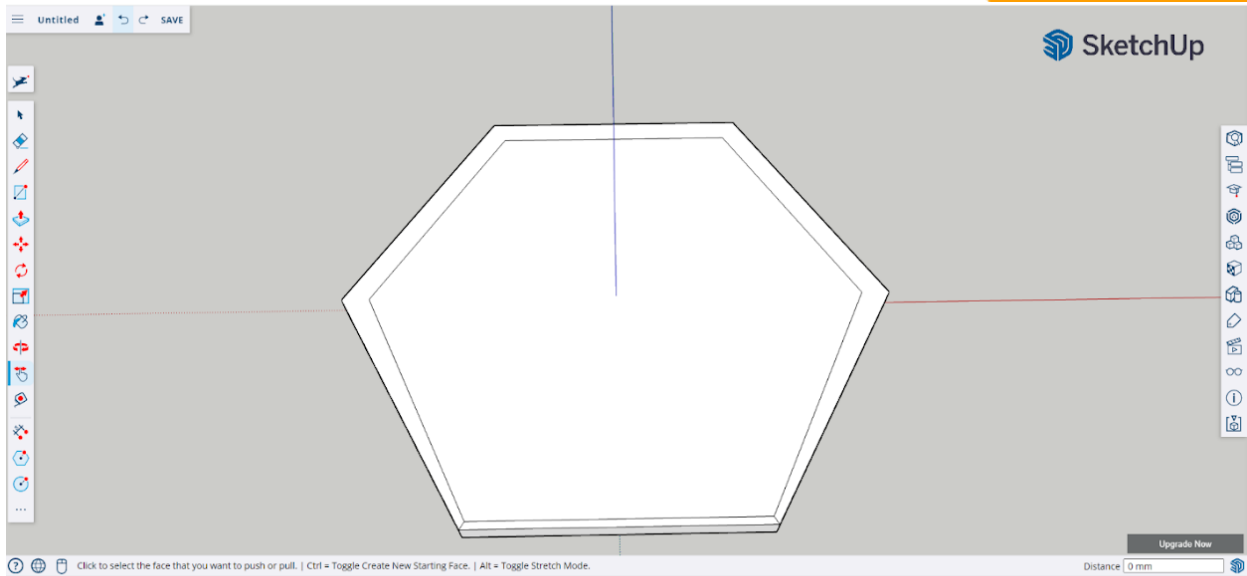


Passo 6: Faça linhas diagonais nos lados, como indicado na imagem abaixo.

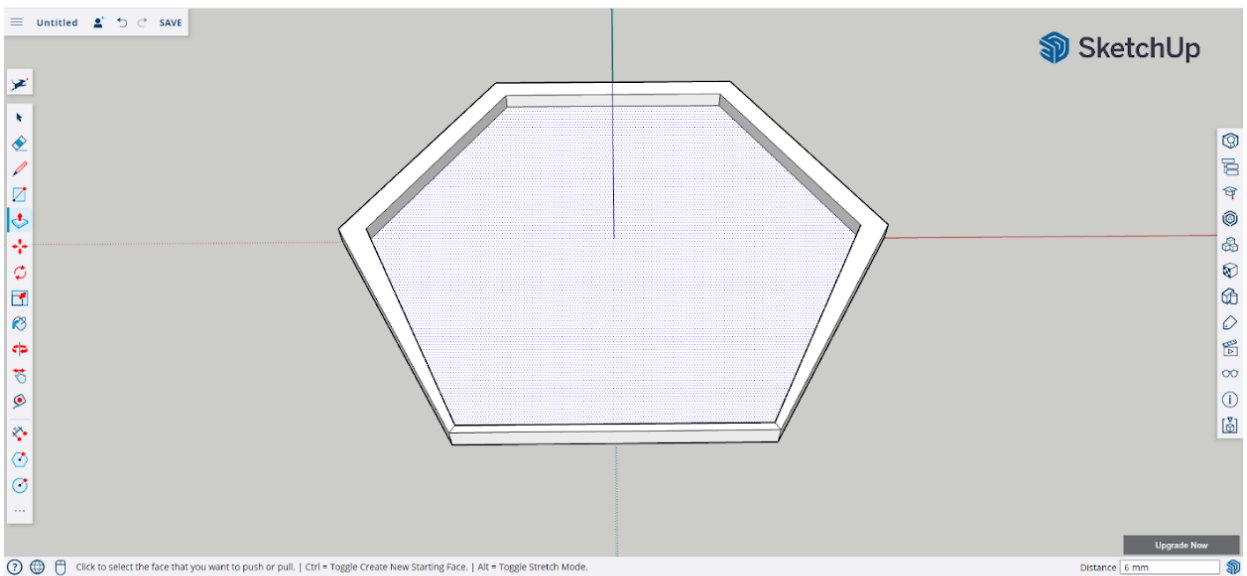


Passo 7: Seleccion e apague as linhas extra para criar um slide nos lados do polígono.

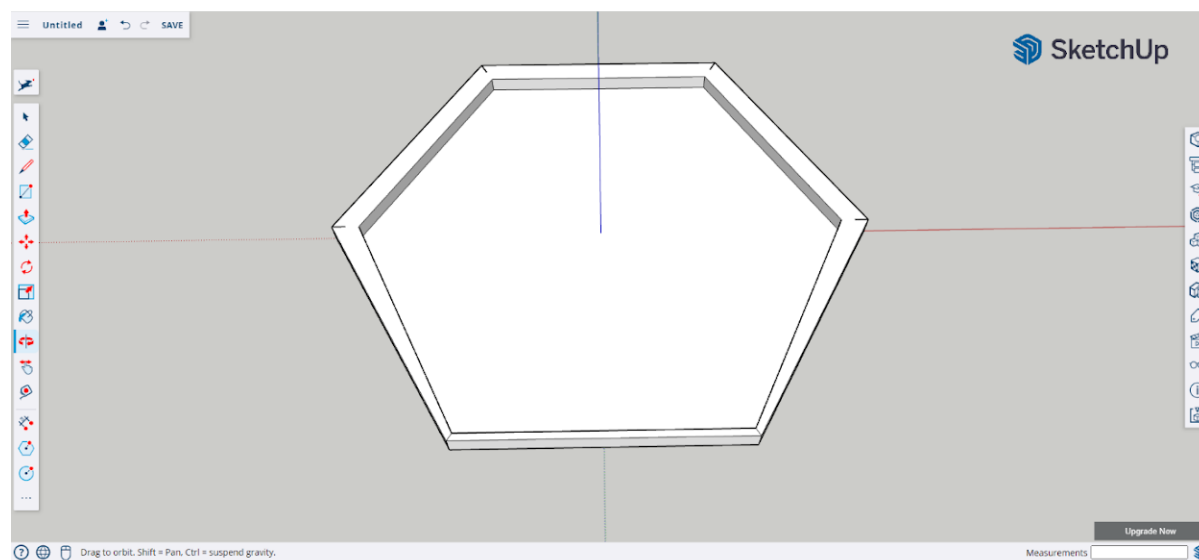
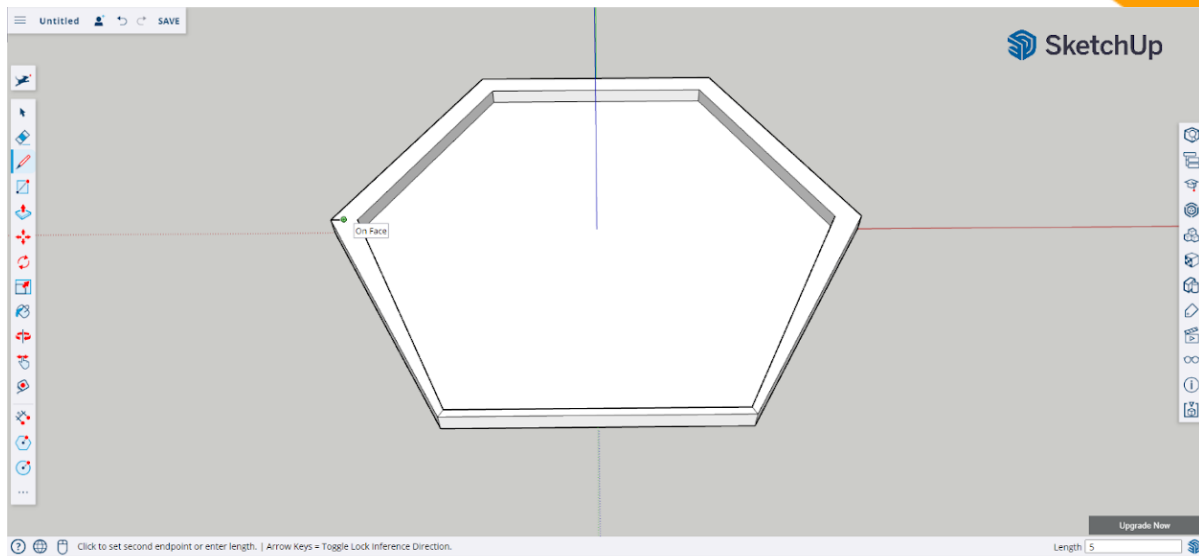




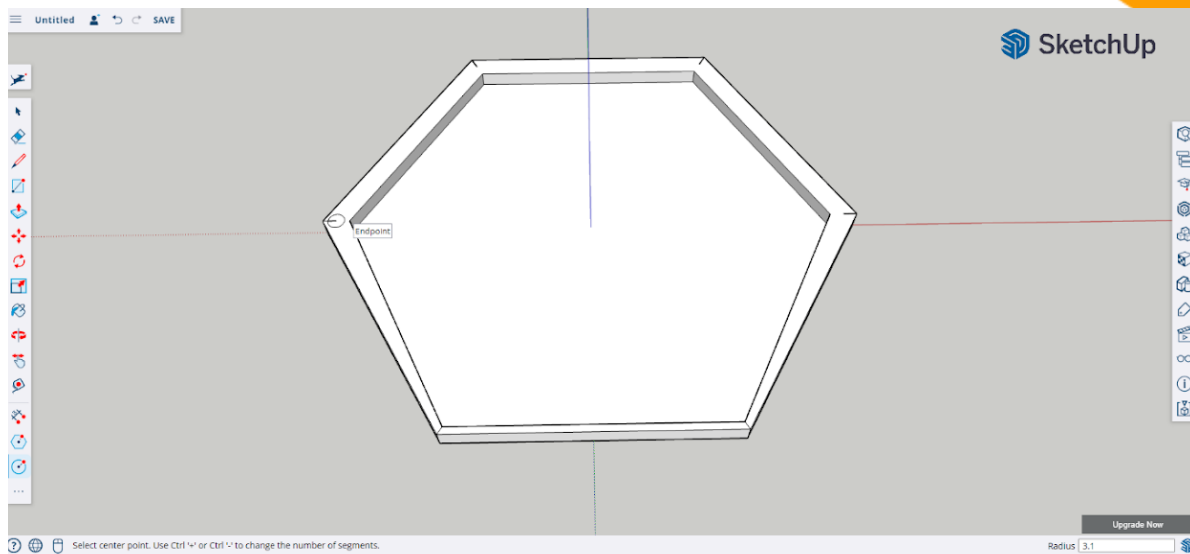
Passo 8: Utilize a ferramenta empurrar/puxar para baixar a parte interior do polígono para 6 mm.



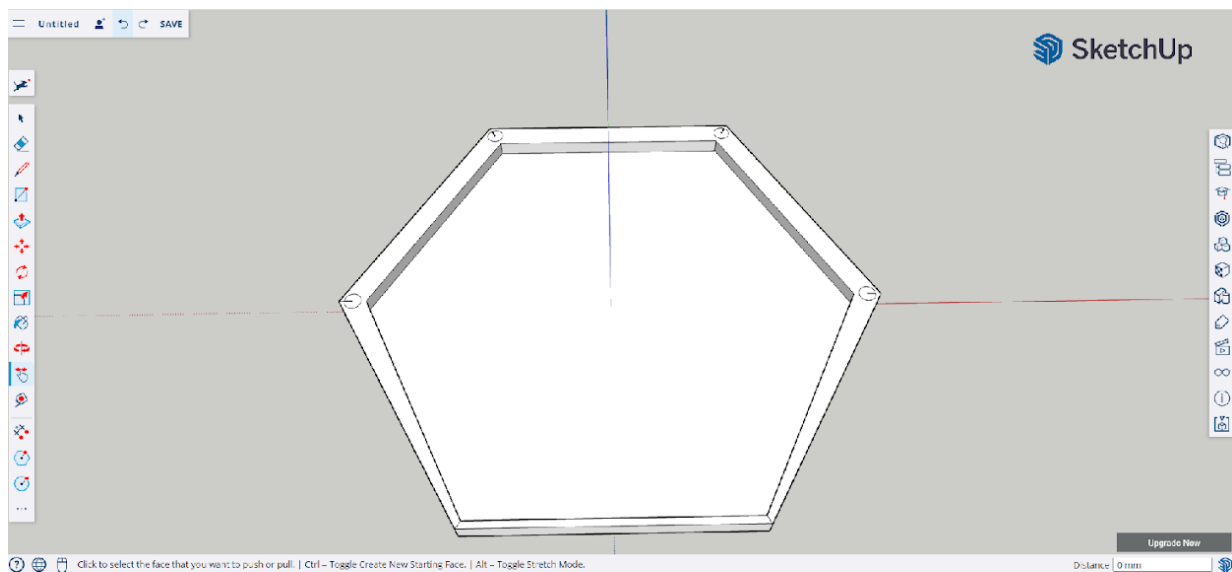
Passo 9: Utilize a ferramenta de linha para criar linhas de marcação para as peças de montagem com um comprimento de 5 mm.



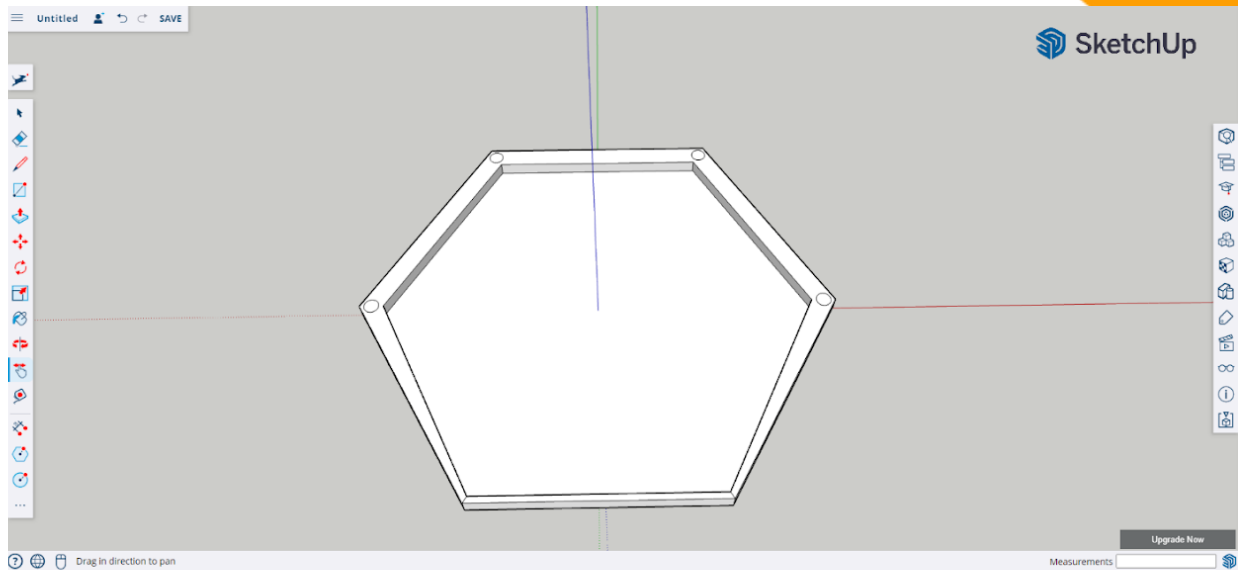
Passo 10: Utilize a ferramenta de círculos para criar os círculos de montagem que correspondem à parte superior da caixa. Defina o raio para 3,1 mm.



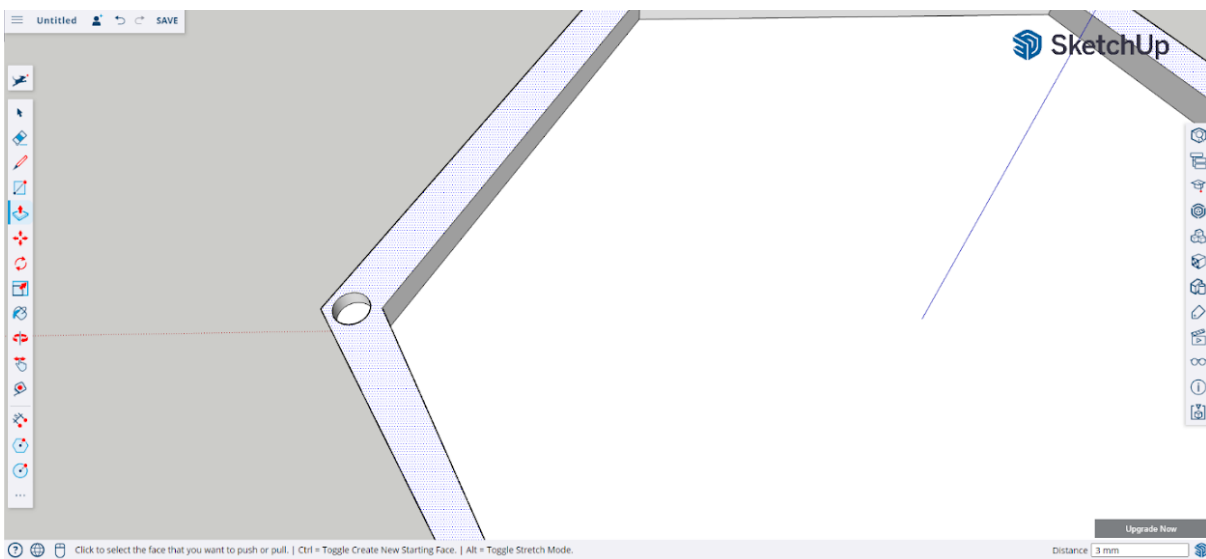
*** As peças de montagem têm de ter uma diferença de 0,2 a 0,4 mm para poderem encaixar umas nas outras.**



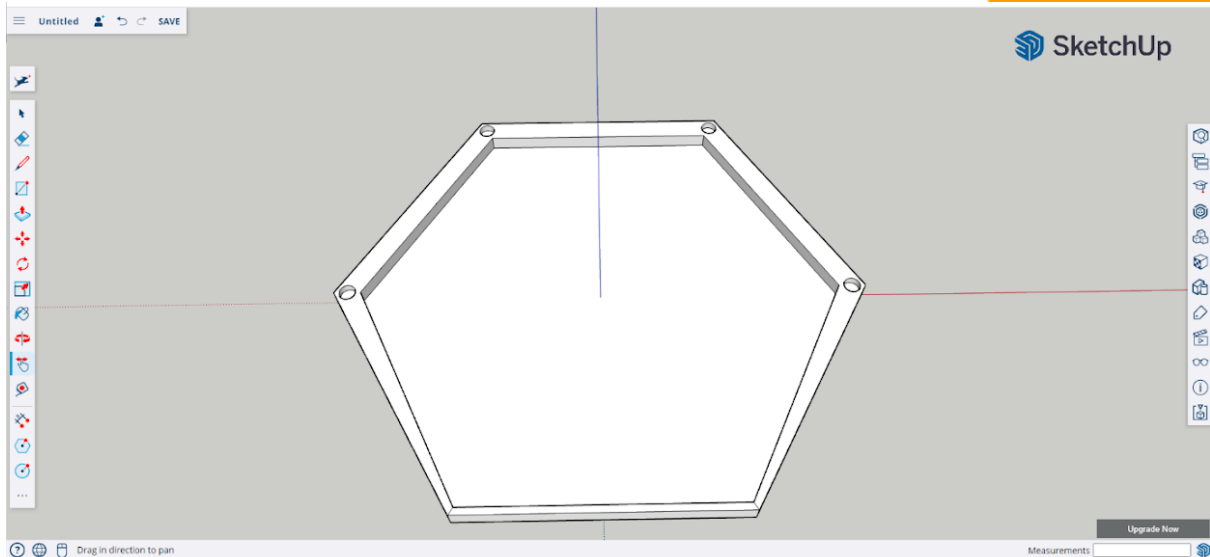
Passo 7: Selecionar e eliminar as linhas de marcação dentro e à volta dos círculos.



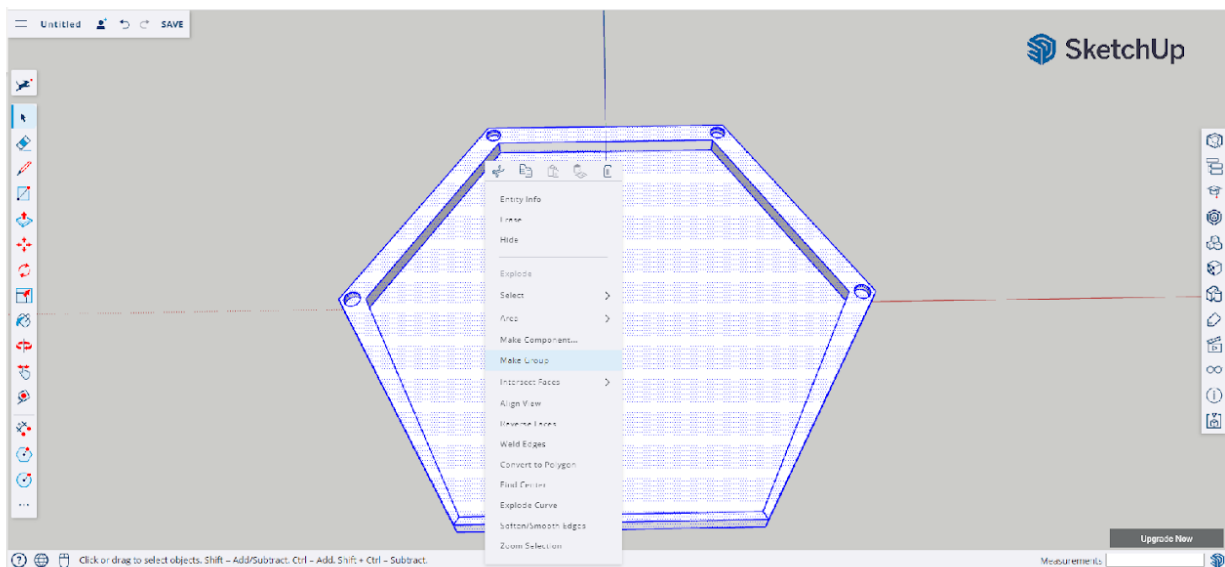
Passo 8: Utilize a ferramenta de empurrar/puxar para empurrar os círculos para



baixo em 3 mm.



Passo 10: Selecciono o modelo inteiro clicando 3 vezes continuamente e transformo-o num grupo.

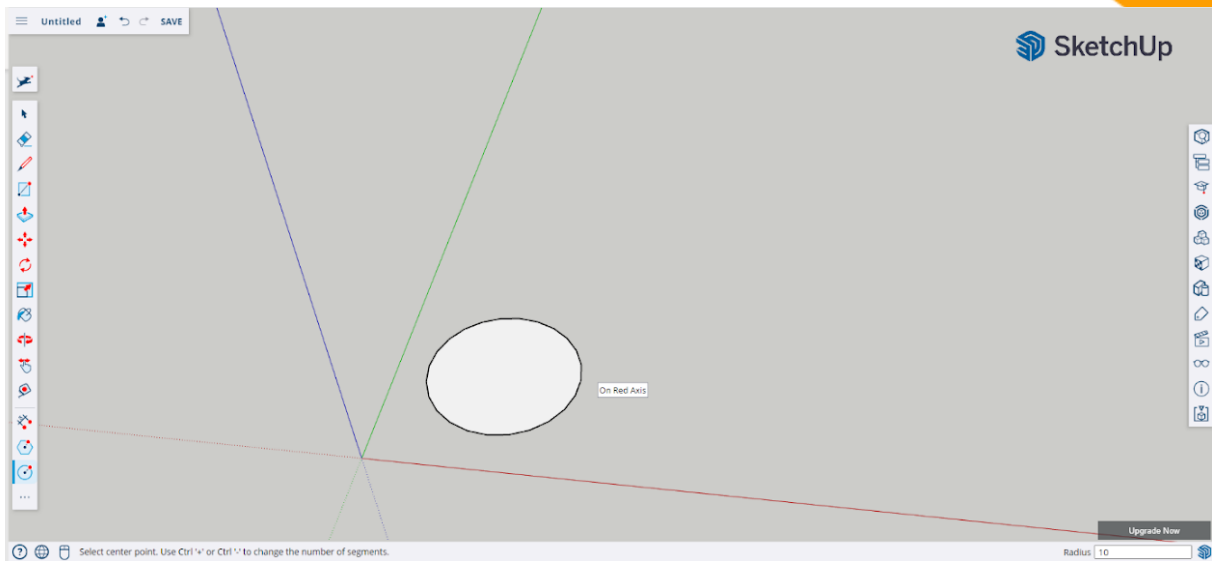


Agora, pode guardar o ficheiro no seu dispositivo ou no Trimble connect. As partes superior e inferior do porta-moedas estão agora prontas. Vamos abrir um novo ficheiro para criar as moedas

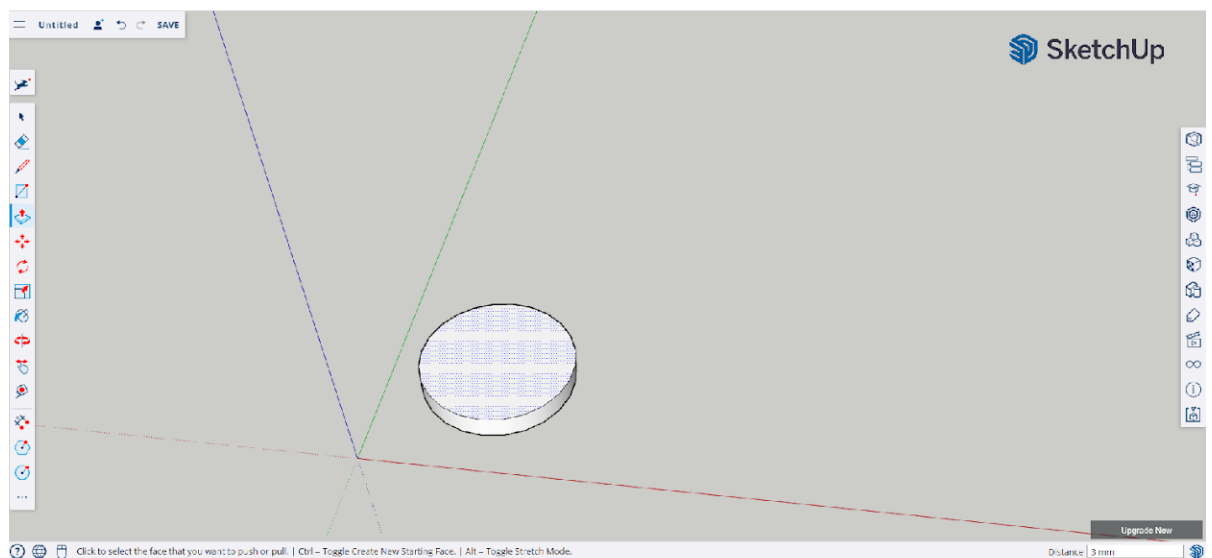
Moedas

Temos de fazer duas moedas diferentes que representem 1 euro e 2 euros numa forma mais simples.

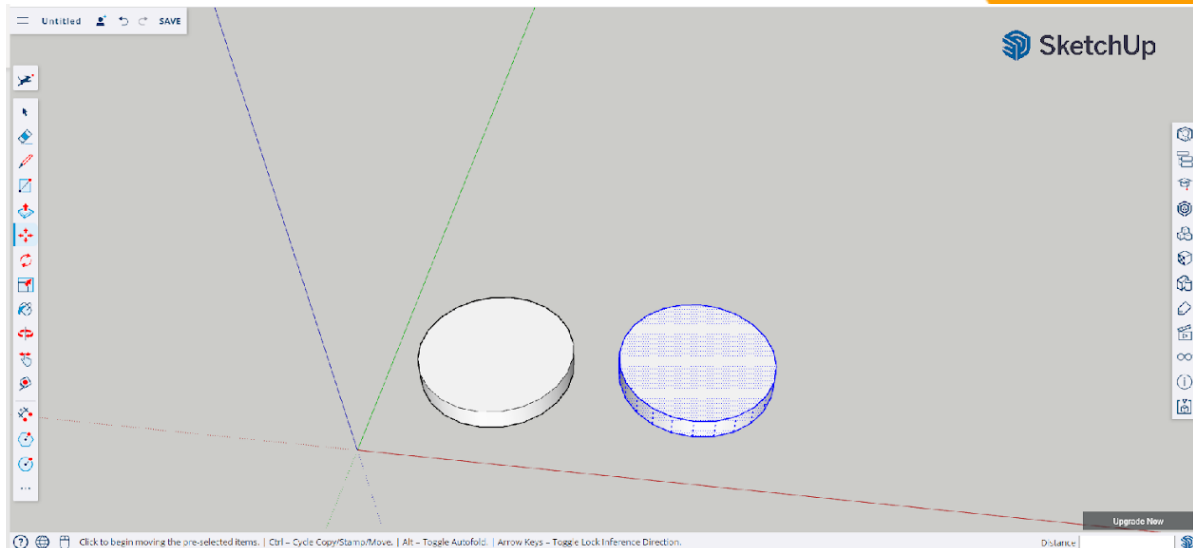
Passo 1: Depois de abrir um novo ficheiro, utilize a ferramenta de círculo para criar a moeda com um raio de 10 mm.



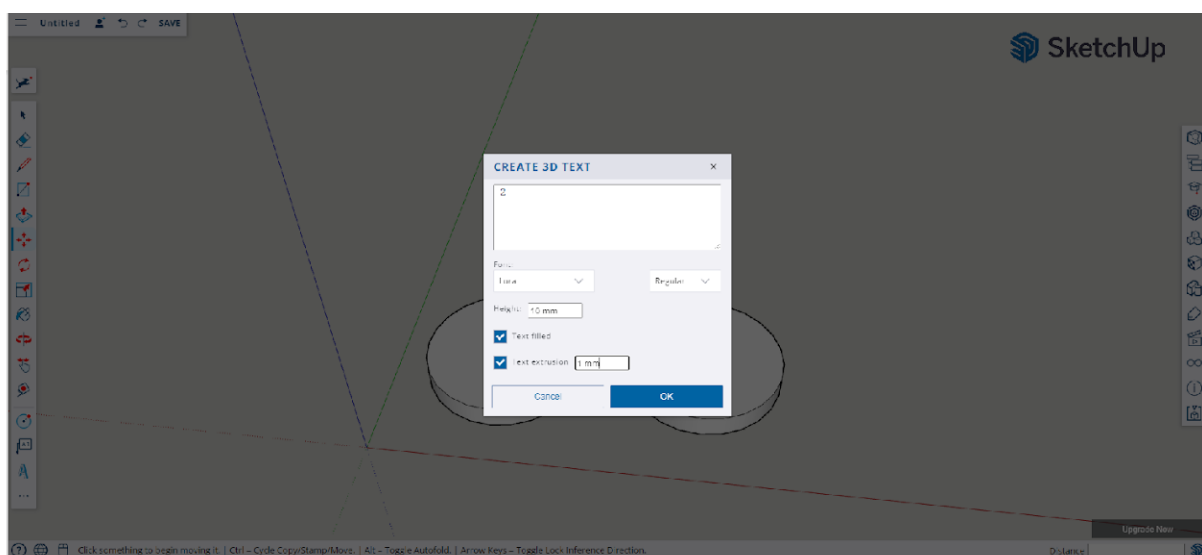
Passo 2: Utilizar a ferramenta de empurrar/puxar e definir a distância para 3 mm.



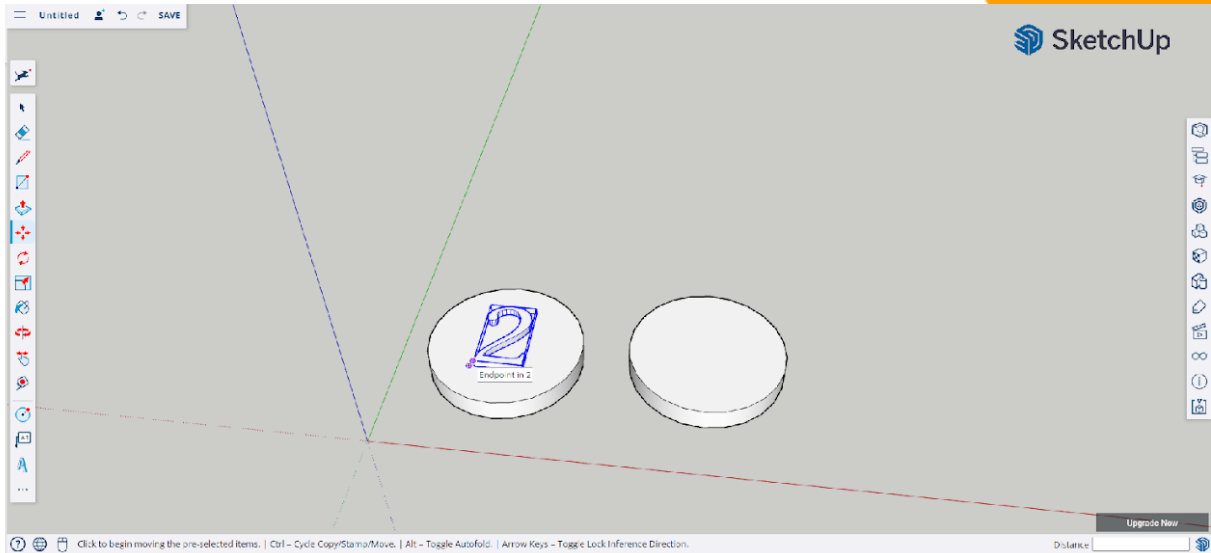
Passo 3: Selecciona a moeda existente (clitando 3 vezes sobre ela), copia (Ctrl+C) e cola (Ctrl+V) e adiciona a nova moeda ao lado dela.



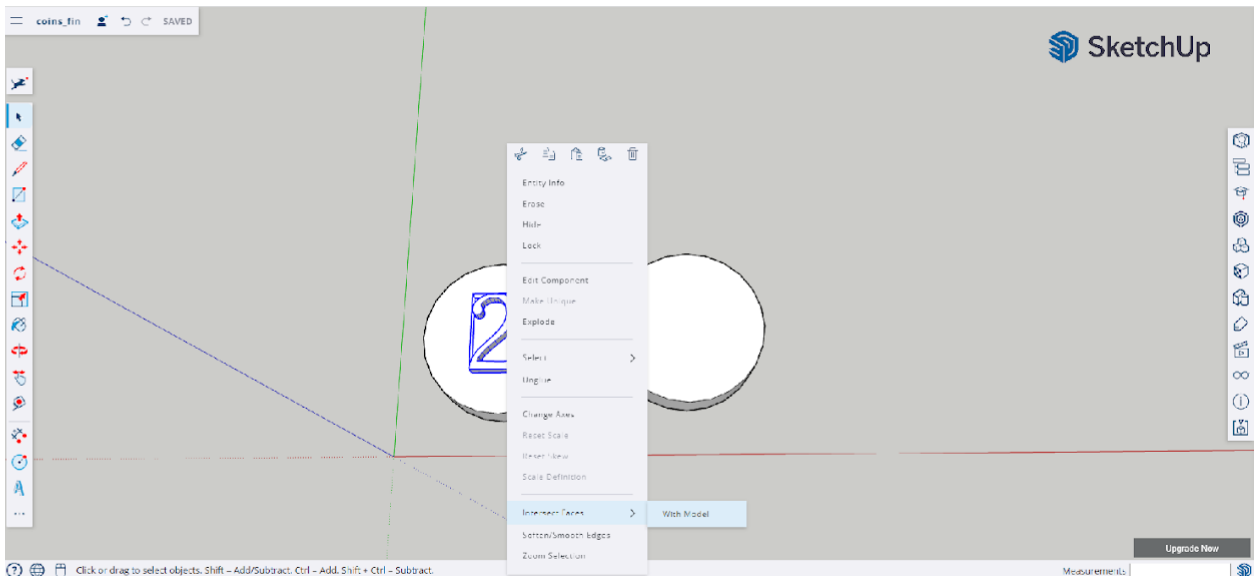
Passo 4: Seleccione a ferramenta Texto 3D e escreva o número 2 a ser adicionado como texto. Utilize um tipo de letra à sua escolha e defina o estilo de letra como regular. Defina a altura para 10 mm, defina a extrusão do texto para 1 mm e seleccione ok.



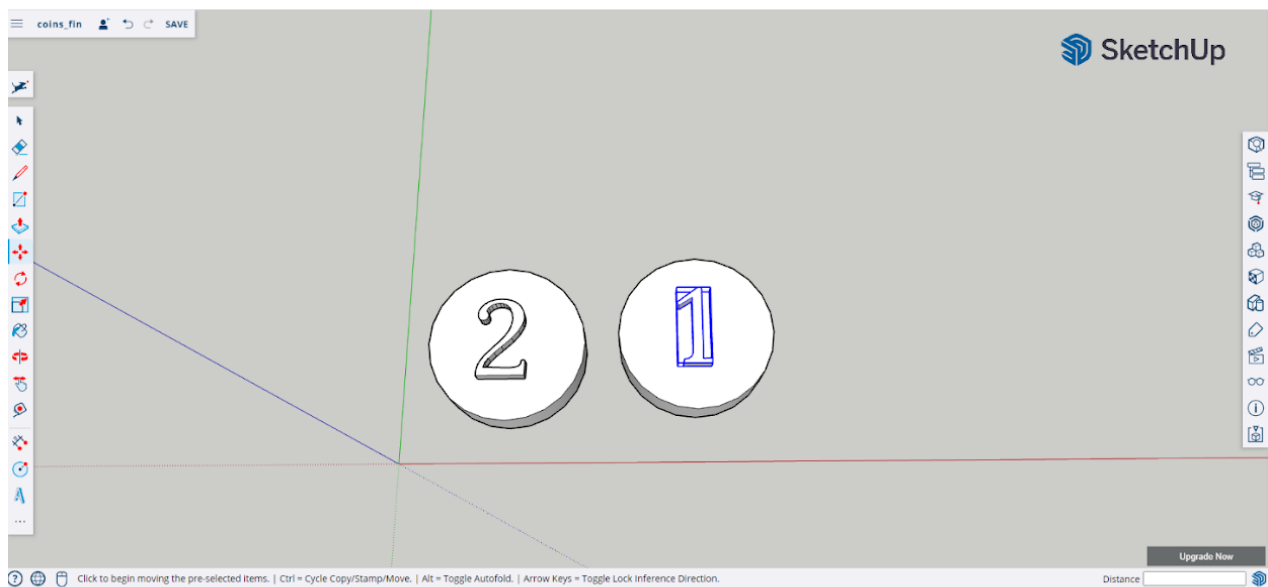
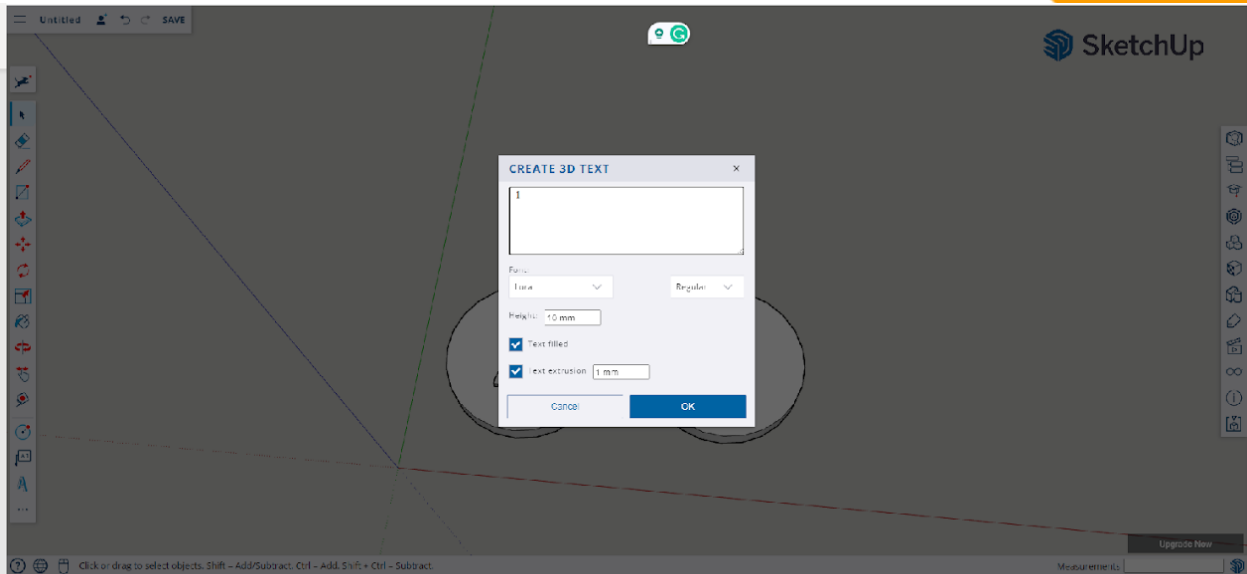
Agora, pode colocá-lo na moeda.

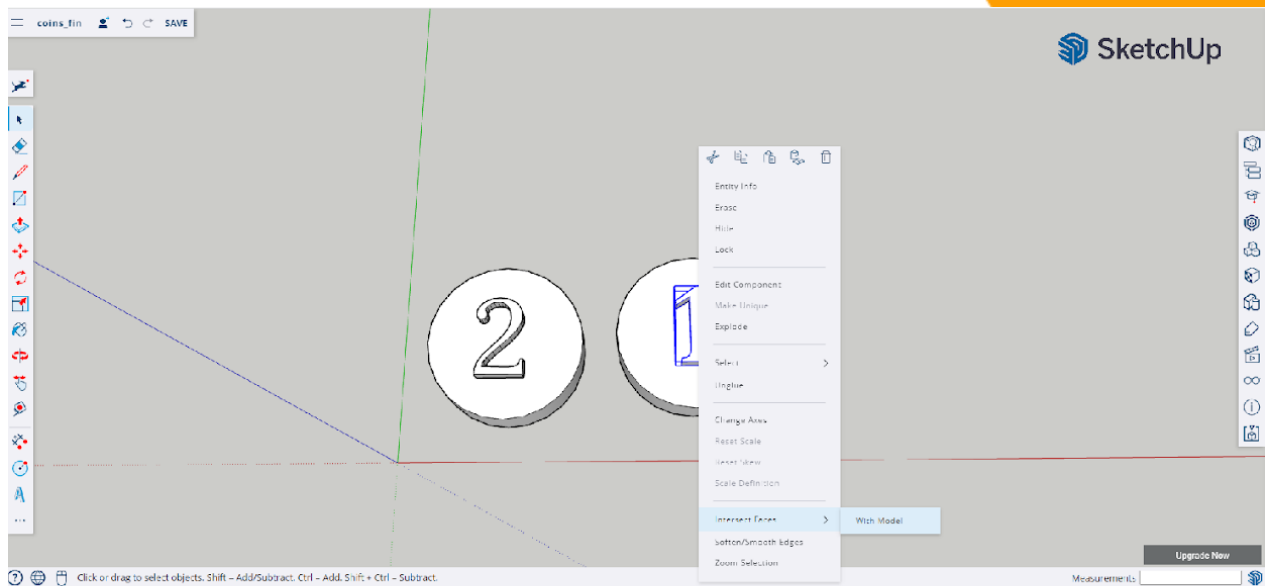


Passo 5: Seleccione o número, clique com o botão direito do rato e seleccione Intersectar face com modelo.



Passo 6: Repetir o processo para a outra moeda.



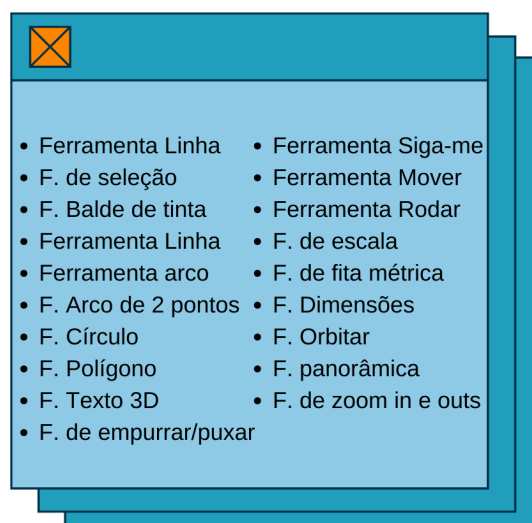


E pronto, está feito.

*** Não se esqueça de guardar o seu ficheiro e pode descarregá-lo em formato .STL.**

Sumário

Até agora, experimentámos o SketchUp criando as cinco exposições de matemática do projeto Numeric[All]. Estes expositores estarão disponíveis no Kit de Criação DIY com passos pormenorizados sobre como serem construídos utilizando também materiais simples. Através destes projectos, pudemos praticar as seguintes ferramentas no SketchUp:



4. Software de fatiamento: Cura

Até agora, aprendemos a criar modelos 3D a partir do zero no SketchUp. Neste capítulo, veremos como pode preparar o modelo 3D que criou para ser impresso em 3D. Para passar da modelação 3D para a impressão 3D, é necessário utilizar um software de corte para impressão 3D.

4.1. O que é um software de fatiamento 3D?

Por outras palavras, um software de corte 3D pega no modelo 3D e traduz-o para uma linguagem que a impressora 3D pode compreender e imprimir. Como mostra a Figura 22, pega na imagem visual do modelo, corta-o em camadas finas para que a impressora compreenda como imprimir cada camada e, em seguida, está pronto para ser impresso.



Um software de fatiamento é essencialmente o intermediário entre a modelação 3D e a impressão 3D. O software de fatiamento prepara o modelo para que a impressora 3D saiba como imprimir o item, permitindo-lhe ajustar as suas definições de modo a imprimir o modelo de acordo com as suas necessidades e com a impressora. O software de fatiamento 3D traduz o ficheiro de formato STL (modelo 3D) em código G para que a impressora possa compreender o que fazer.

É aqui que o Cura entra em cena. O Cura foi desenvolvido pela Ultimaker e é um dos softwares mais populares utilizados para tornar a impressão 3D fácil e eficiente. As definições de impressão estão optimizadas para as impressoras Ultimaker 3D, mas também pode cortar modelos 3D para qualquer outra impressora 3D. O Cura é um software de secretária gratuito e de código aberto que pode ser descarregado a partir do [sítio web da Ultimaker](#) e está disponível para utilizadores de Windows, Mac e Linux.

Uma vez descarregado, basta seguir as instruções para instalar o software e está pronto a começar a utilizá-lo.

4.2. Como usar o Cura

O Cura reconhece uma variedade de formatos de ficheiros, desde formatos de ficheiros 3D (.STL, .OBJ, .3MF, .X3D) a imagens 2D importadas (.BMP, .GIF, .JPG e .PNG) que podem ser convertidas em modelos 3D.

Agora, vamos ver como podemos utilizar o Cura. A Figura 23 indica as principais funções da interface do Cura.

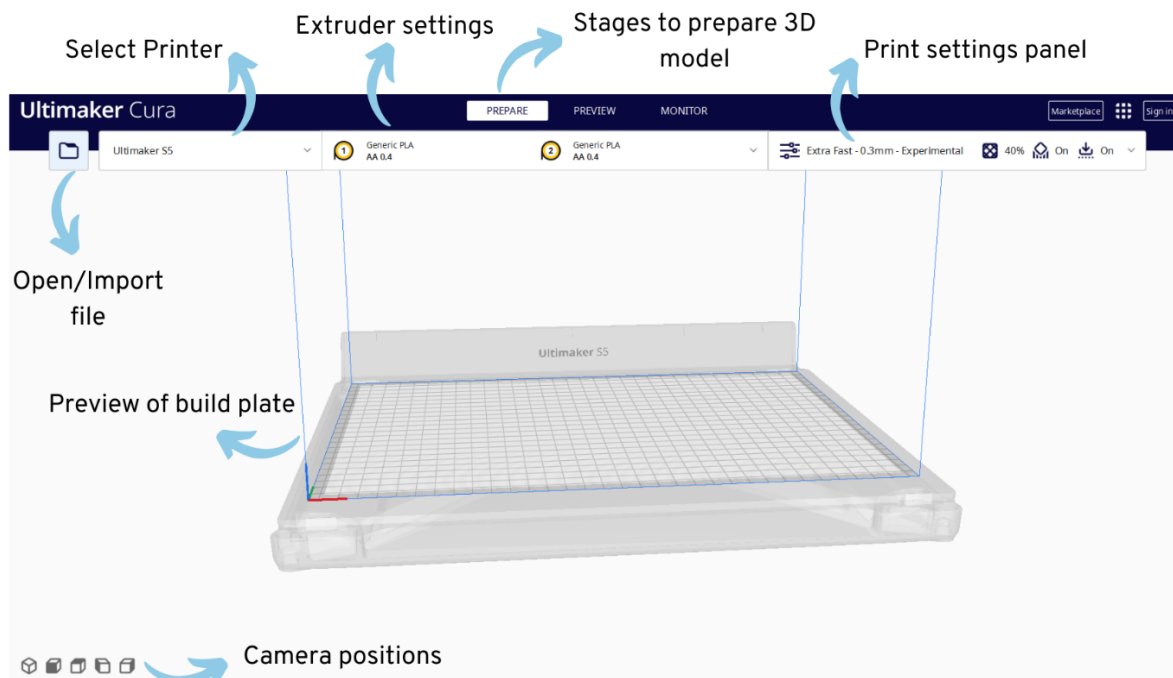
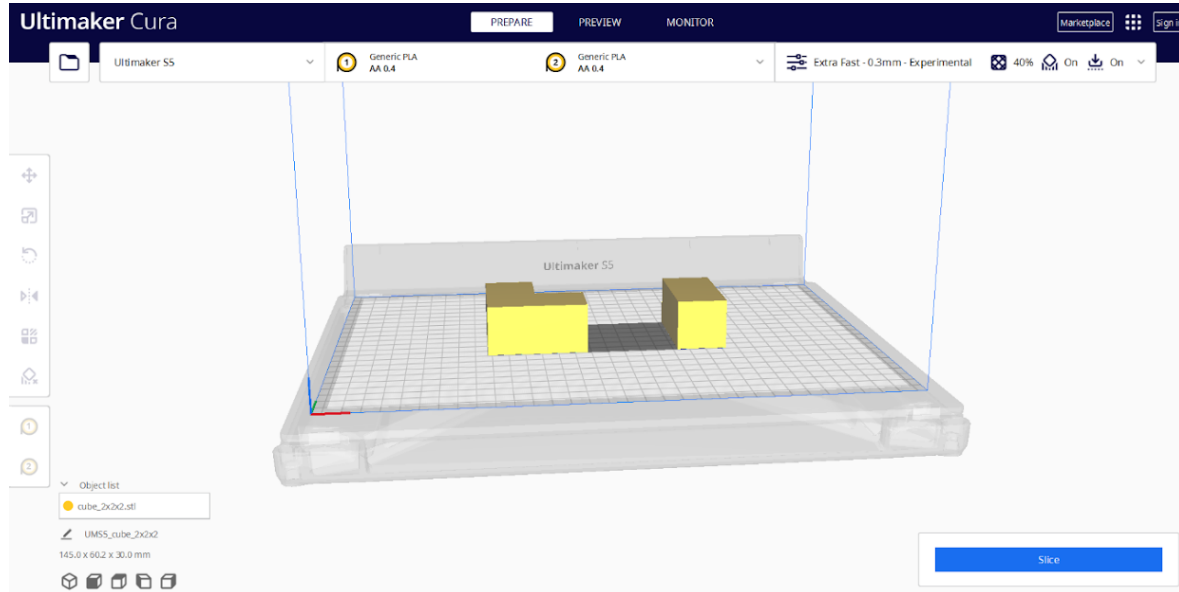


Figura 24. Interface do Ultimaker Cura

Começemos por importar um ficheiro de formato .STL do cubo 2x2x2 que criámos no capítulo anterior.

Passo 1: Vá para o ícone da pasta e clique nele para importar o ficheiro .STL.



Passo 2: Depois de importar o seu modelo 3D, aparece um conjunto de ferramentas. Estas permitem-lhe fazer alterações à forma como o seu modelo 3D vai ser impresso. Se não pretender efetuar quaisquer alterações, pode saltar este passo.

Ferramenta Mover: Pode alterar a posição do seu modelo na placa de construção, movendo-o com o rato ou introduzindo coordenadas precisas nos eixos x, y, z.

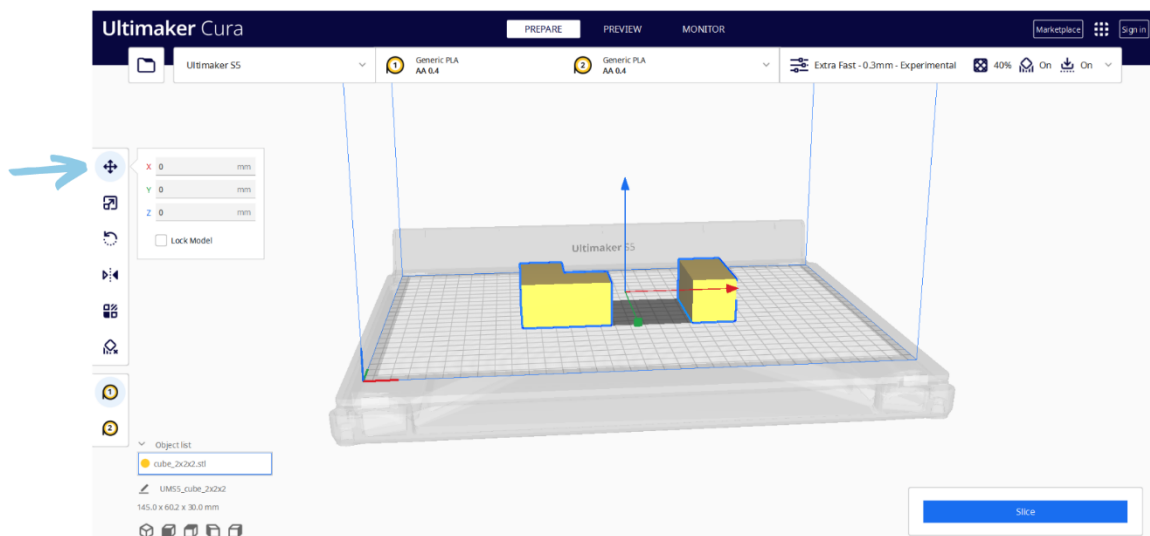


Figura 26. Ferramenta Mover no Cura (Tecla de atalho: T)

Ferramenta Escala: Pode diminuir ou aumentar o tamanho do seu modelo 1) arrastando o eixo que aparece na placa de construção, 2) introduzindo percentagens específicas em cada eixo ou 3) ajustando os números.

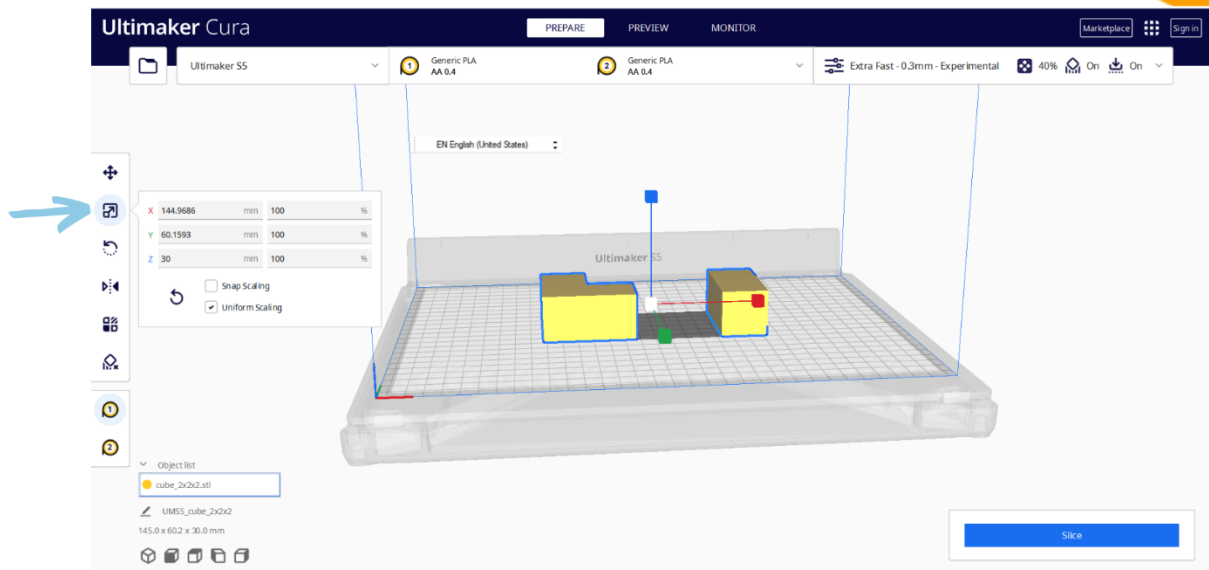


Figura 27. Ferramenta Escala no Cura (Tecla de atalho: S)

Ferramenta Rotação: Pode alterar a orientação do seu modelo utilizando as setas na placa de construção ou seleccionando uma das ferramentas prontas disponíveis. O primeiro botão repõe o modelo na sua orientação original. O segundo botão coloca o modelo na horizontal sobre a placa de construção. O último botão permite-lhe seleccionar o lado em que pretende que a face do modelo fique alinhada na placa de construção.

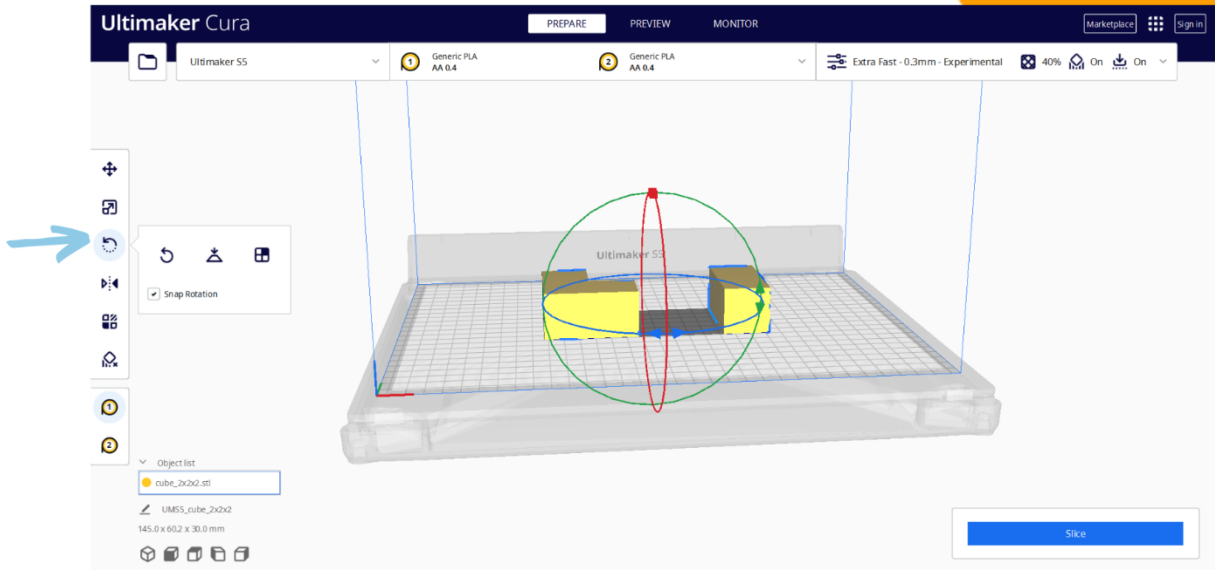


Figura 28. Ferramenta Rodar no Cura (Tecla de atalho: R)

Ferramenta Espelho: Pode utilizar a ferramenta espelho para rodar o seu modelo 180 graus em qualquer direção indicada nas setas da placa de construção.

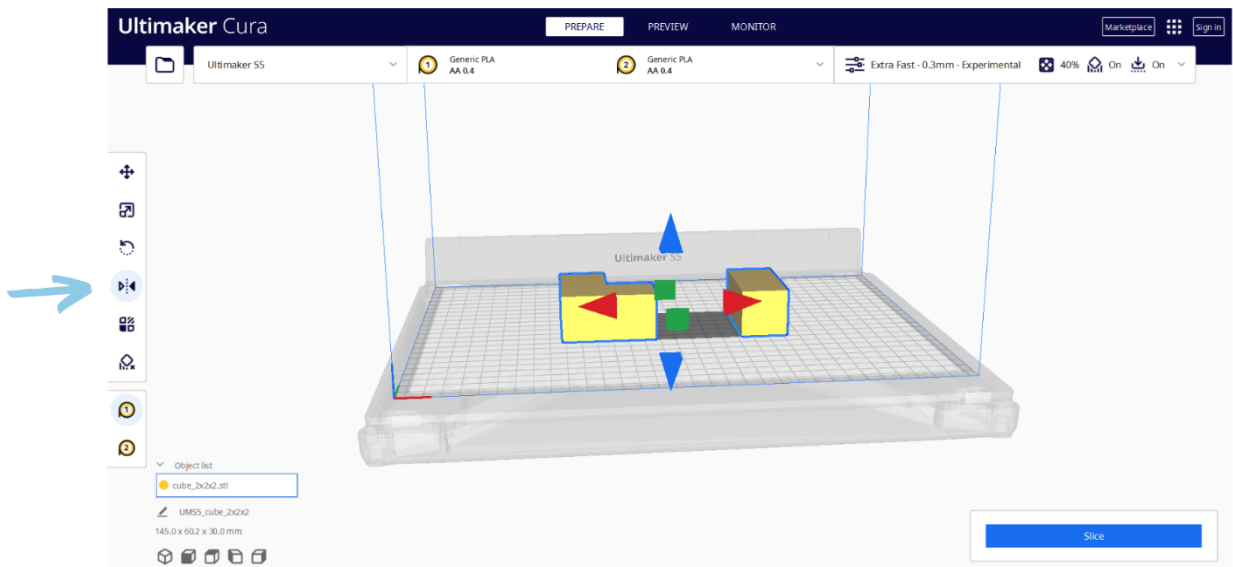


Figura 29. Ferramenta de espelho no Cura (Tecla de atalho: M)

Passo 3: Depois de efetuar alterações ao modelo, pode ajustar a impressora e as definições de impressão, desde o tamanho do bocal até ao suporte, para corresponder às suas necessidades.

Printer settings: As definições da impressora 3D referem-se à escolha da impressora ligada em rede ou não ligada em rede para que o Cura possa ajustar as definições da impressora, como o tamanho do bocal.

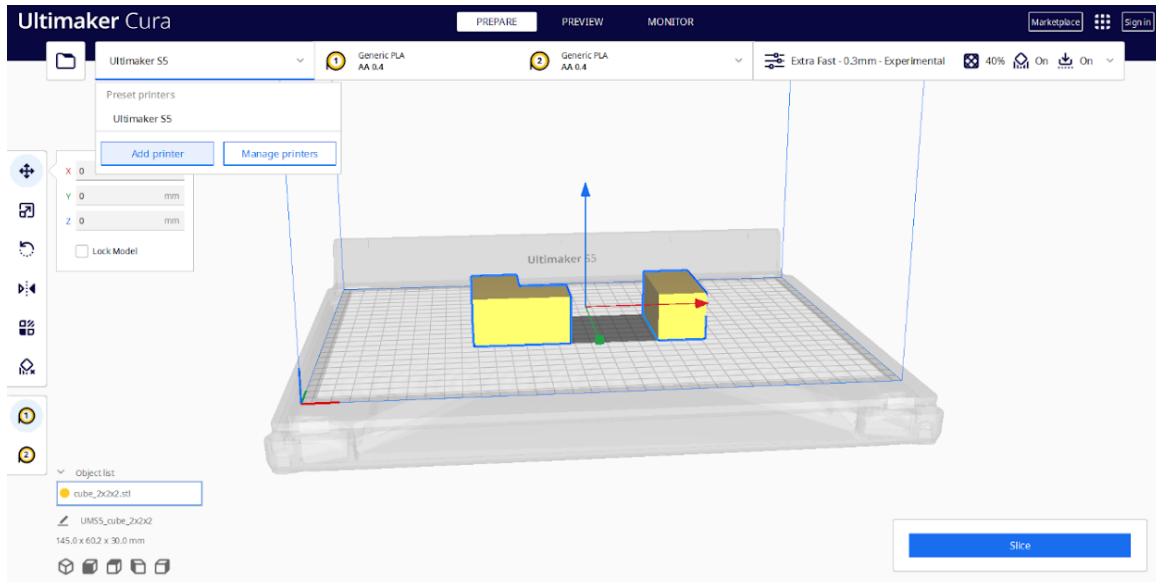


Figura 30. Selecionar a impressora 3D no Cura

Se a sua impressora não estiver ligada em rede, existe uma longa lista de impressoras disponíveis para que possa encontrar o modelo da sua impressora 3D.

Depois de selecionar a sua impressora 3D, o tamanho do bocal e o tipo de material de impressão são normalmente ajustados para corresponder às definições da sua impressora. No entanto, também é possível personalizar estas definições clicando no separador apresentado na Figura 31.

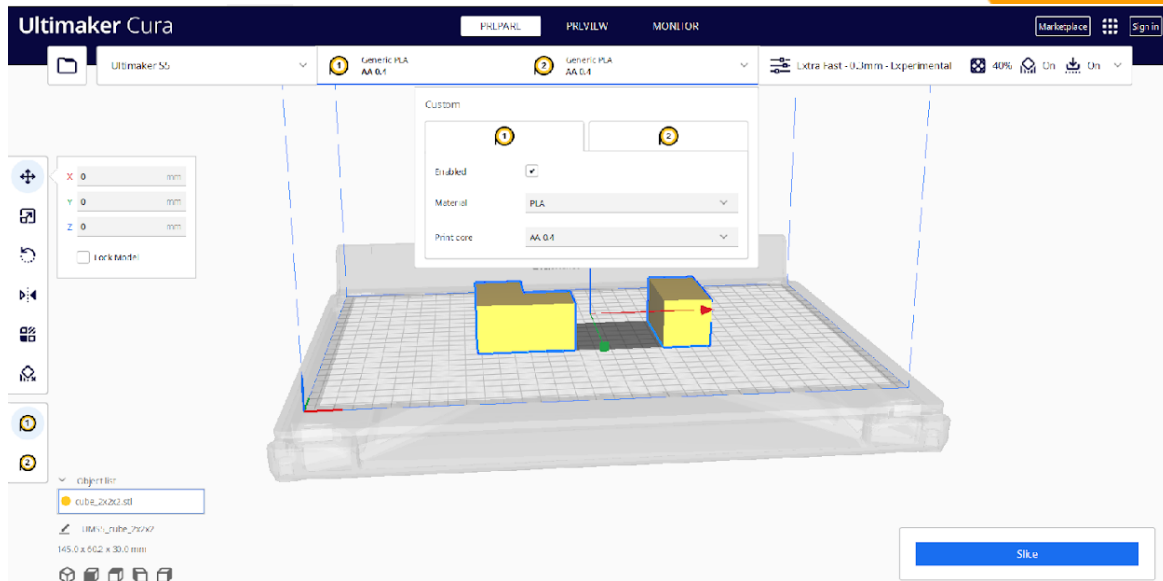


Figura 31. Definições da impressora 3D no Cura

Dependendo da impressora, pode também ativar ou desativar o número de bocais disponíveis.

Definições de impressão: Estas definições referem-se essencialmente à forma como pretende imprimir o seu modelo, como a resolução, a velocidade de impressão e o material de suporte.

Existem dois modos disponíveis: Recomendado e Personalizado. As opções recomendadas disponíveis são definidas com base nos perfis recomendados, consoante as necessidades comuns. No entanto, também é possível personalizar as definições de impressão, o que inclui uma maior variedade de opções. Para mais informações sobre [definições personalizadas](#).

Na Figura 32 abaixo, pode ver as opções recomendadas disponíveis:

- Resolução (altura da camada): determina a qualidade do seu item 3D e baseia-se em grande medida no tamanho do bocal. Quanto mais pequena for a distância entre as camadas, mais longo será o período de impressão, mas com maior qualidade. Existe um compromisso associado entre a qualidade e a velocidade de impressão.
- Infill: refere-se à densidade da sua impressão 3D, desde o oco até ao completamente sólido. 10-40% é considerado um enchimento ligeiro e é

normalmente recomendado. Para mais informações sobre definições de enchimento, [clique aqui](#).

- o A opção de preenchimento gradual aumenta a densidade à medida que a impressão avança para o topo do modelo. Normalmente, é boa prática deixar a caixa desmarcada, uma vez que é importante ter uma boa base de um item, embora isso dependa do que está a imprimir.
- o O padrão de preenchimento encontra-se nas opções personalizadas e permite-lhe alterar o padrão da estrutura de preenchimento para tornar o objeto 3D mais resistente. A opção zig-zag é preferível para formas mais complexas.
- Suporte: é utilizado para produzir material de suporte para proteger o seu modelo contra a flacidez, caso tenha peças com excesso de mão.
- Aderência: aumenta a área de superfície da primeira camada da impressão 3D para evitar a contração do material. É necessário ter em conta o tipo de material utilizado para imprimir o modelo 3D. O filamento PLA normalmente não precisa de adesão.

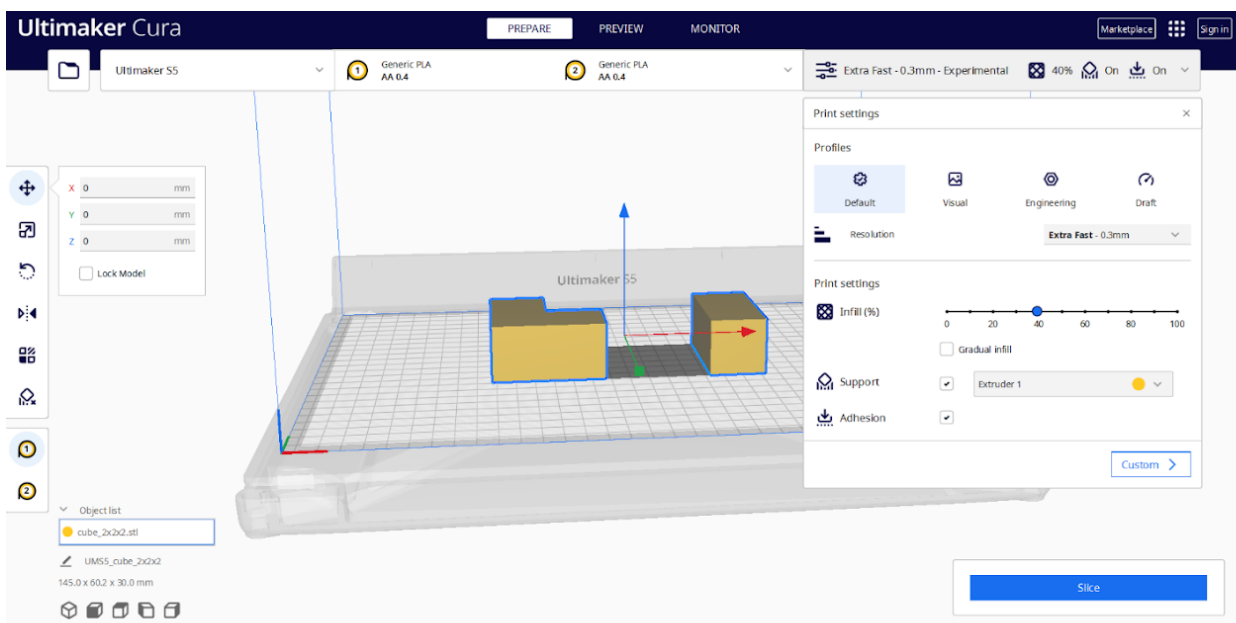


Figura 32. Definições de impressão no Cura

Passo 4: Depois de ter efectuado todas as alterações desejadas, pode clicar no botão Slice para cortar o modelo.



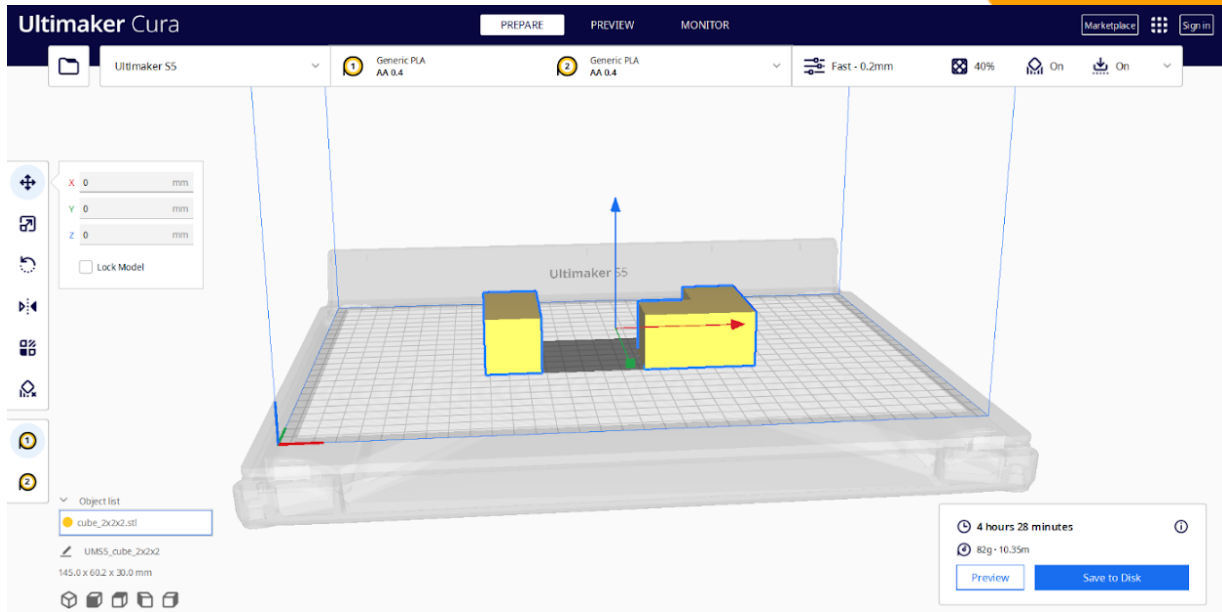
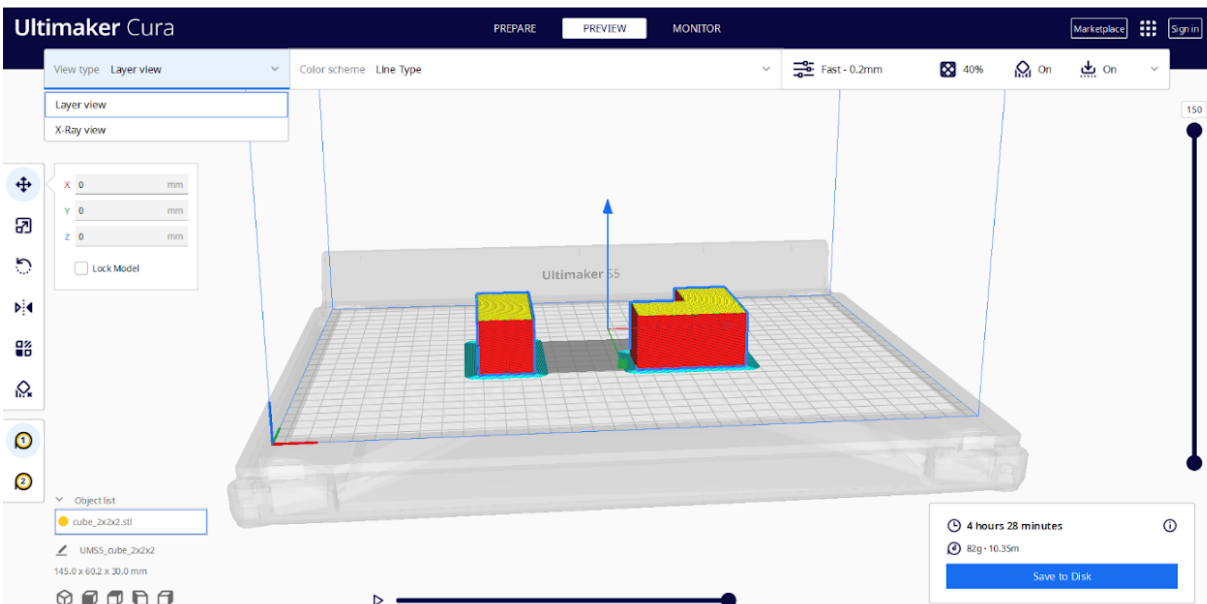


Figura 33. Estimativa de impressão 3D

Na Figura 33, pode ver o tempo estimado que demorará a imprimir as peças do cubo 2x2x2 de acordo com a configuração que definimos.

Passo 5: Antes de guardar o modelo, é aconselhável pré-visualizar o processo de impressão para detetar eventuais problemas. A pré-visualização demonstra o processo de impressão em duas vistas: Camada e Raio X.



A vista de camadas apresenta com cores diferentes os elementos do item 3D, como o material, o tipo de linha, a velocidade, a espessura da camada, etc. Isto é especialmente útil para detetar quaisquer problemas potenciais e ver como o item vai ser impresso.

Figura 34. Vista de camadas no Cura (Pré-visualização)

A vista de raios X apresenta a estrutura interna do seu modelo 3D para detetar quaisquer problemas com intersecção de arestas e efetuar alterações antes da impressão.

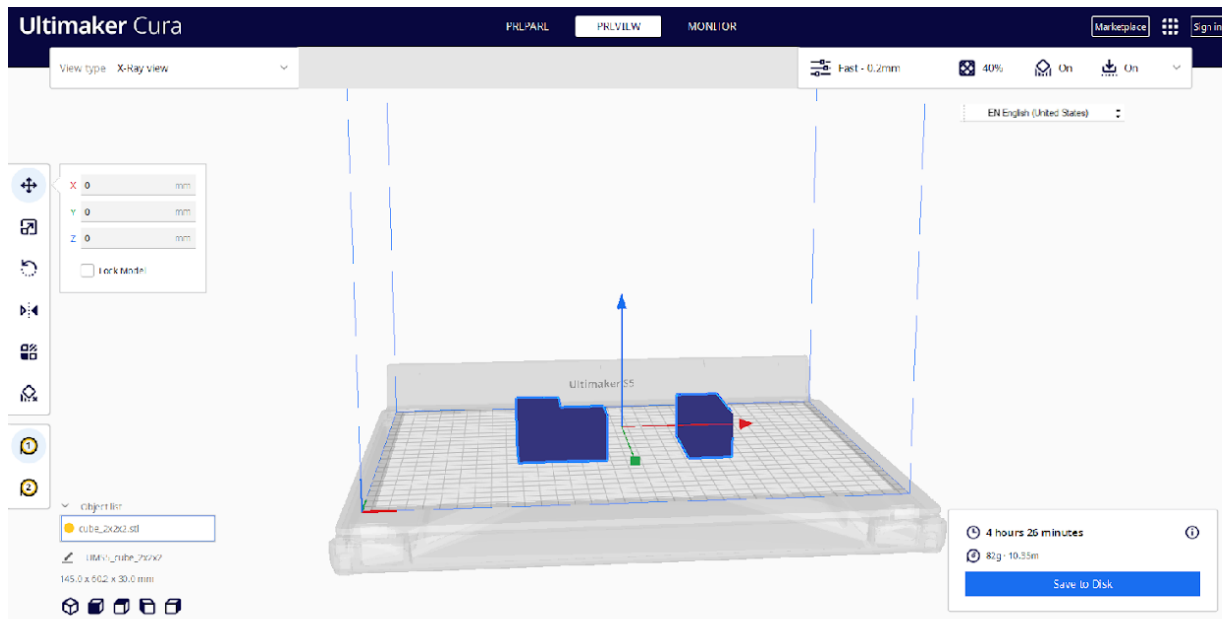


Figura 35. Visualização de raios X no Cura (Pré-visualização)

Passo 6: Depois de se certificar de que tudo está em ordem, pode guardar o código G diretamente no disco (ou seja, cartão SD, disco rígido do seu computador ou portátil) e enviá-lo para a impressora 3D para iniciar o processo de impressão.

Existem algumas formas de enviar o ficheiro de código G para a impressora 3D, ou seja, através de:

- um cartão Micro SD,
- um cabo USB, e/ou
- Ligação Wi-Fi.

Dependendo da sua impressora 3D, pode escolher uma das opções acima para iniciar o processo de impressão.

Referências

- AMFG (n.d.). Industrial Applications of 3D Printing: The Ultimate Guide.
<https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>
- Bouck, E. C., Anderson, R. D., Long, H., & Sprick, J. (2021). Manipulative-based instructional sequences in mathematics for students with disabilities. *TEACHING Exceptional Children*, 0040059921994599.
- Coates, C. (2019). *How Are Some of the World's Best-Known Museums Doing Amazing Things with 3D Printing?*
<https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-3d-printing/>
- Cooper, C. (2019). You can handle it: 3D printing for museums. *Advances in Archaeological Practice*, 7(4), 443-447.
- Cuturi, L. F., Cappagli, G., Yiannoutsou, N., Price, S., & Gori, M. (2022). Informing the design of a multisensory learning environment for elementary mathematics learning. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 16(2), 155-171.
- Jandyal, A., Chaturvedi, I., Wazir, I., Raina, A., & Haq, M. I. U. (2022). 3D printing—A review of processes, materials and applications in industry 4.0. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 33-42.
- Jani, M. (2022). Cura Settings Decoded – An Ultimaker Cura Tutorial.
<https://all3dp.com/1/cura-tutorial-software-slicer-cura-3d/>
- Manches, A., & O'Malley, C. (2016). The effects of physical manipulatives on children's numerical strategies. *Cognition and Instruction*, 34(1), 27-50.
- Ng, D. T. K., Tsui, M. F., & Yuen, M. (2022). Exploring the use of 3D printing in mathematics education: A scoping review. *Asian Journal for Mathematics Education*, 1(3), 338-358.
- Pearson, H. A., & Dubé, A. K. (2021). 3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. *Education and Information Technologies*, 27, 1-28.
<https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7>
- Rainone, M., Fonda, C., & Canessa, E. (2014). Imaginary math exhibition using low-cost 3D printers. *arXiv preprint arXiv:1409.5595*.

SketchUp (2022). Getting Started in SketchUp.

<https://help.sketchup.com/en/sketchup/getting-started-sketchup>

Stigberg, H. (2022, February). Digital Fabrication for Mathematics Education: A Critical Review of the Field. In *Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)*, Bozen-Bolzano, Italy.

UltiMaker (2022). *Interface Overview of Ultimaker Cura*.

<https://support.makerbot.com/s/article/1667411132925>

UltiMaker (2022). *The Ultimaker Cura workflow explained*.

<https://support.makerbot.com/s/article/1667411295200>

3DInsider (n.d.). *Beginner's Guide To 3D Printing*.

<https://3dinsider.com/3d-printing-guide/>

Anexos

Anexo 1

Um gráfico resumido do processo de fotogrametria:



Recursos para principiantes em fotogrametria:

- FormLabs: <https://formlabs.com/eu/blog/photogrammetry-guide-and-software-comparison/>
- ModTechLabs: <https://modtechlabs.com/beginners-guide-photogrammetry/>
- Poux, F. (2022): <https://towardsdatascience.com/the-ultimate-guide-to-3d-reconstruction-with-photogrammetry-56155516ddc4>



Co-funded by
the European Union

Numeric[All] é cofinanciado pelo Programa ERASMUS+ da União Europeia e é implementado de fevereiro de 2022 a fevereiro de 2024. Esta publicação reflecte as opiniões dos autores e a Comissão Europeia não pode ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita da informação nela contida.

Nº de Projecto: 2021-1-CY01-KA220-ADU-000035154



**CITIZENS
IN POWER**



LogoPsyCom.

mmaca

Museu
de Matemàtiques
de Catalunya



Ludus