

Visualização - 3D

Uéliton Freitas

Universidade Católica Dom Bosco - UCDB

freitas.ueliton@gmail.com

17 de setembro de 2014

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Viewing Pipeline 3D
- 3 Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D
- 4 Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão
- 5 Transformação de Projeções
 - Projeções Ortogonais
 - Projeções Perspectivas

Introdução

Visualização

- As funções de visualização processam a descrição dos objetos por meio de vários procedimentos a fim de projetar a visão do objeto na superfície do dispositivo de saída.
- Mas há outras rotinas que são específicas do 3D.
 - Rotinas de projeção.
 - Identificação de partes visuais da cena.
 - Efeitos de Luz.

Introdução

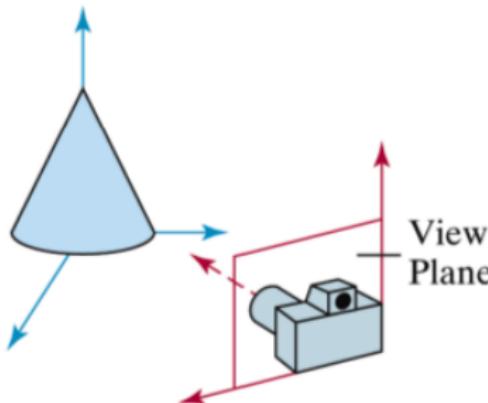
Visualização

- As funções de visualização processam a descrição dos objetos por meio de vários procedimentos a fim de projetar a visão do objeto na superfície do dispositivo de saída.
- Alguns destes procedimentos são parecidos com o Pipeline de visualização 2D
 - Rotinas de recorte.
- Mas há outras rotinas que são específicas do 3D.
 - Rotinas de projeção.
 - Identificação de partes visuais da cena.
 - Efeitos de Luz.

Introdução

Visualização de uma Cena 3D

- Primeiramente, para obter uma visão de uma cena 3D descritas nas **coordenadas do mundo**, é necessário definir um sistema de referência para os parâmetros de visão (Câmera).
 - Definir a posição e orientação do **plano de visão** ou **plano de projeção**.



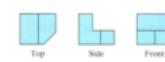
Introdução

Projeções

- É possível escolher diferentes métodos para projetar uma cena de visão.
 - **Projeção Paralela** - projeta objetos ao longo de linhas paralelas (Usado para desenhos arquitetônicos).
 - **Projeção de Perspectiva** - projeta os pontos de um objeto ao longo de caminhos convergentes produzindo cenas mais realísticas (objetos longe do observador ficam menores).



(a) Projeção Paralela



(b) Projeção Perspectiva

Introdução

Profundidade

- São raras as exceções em que a profundidade não é importante para composição de uma cena 3D.
- A profundidade explicita frente e trás do objeto.

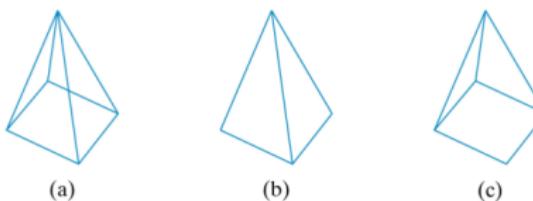
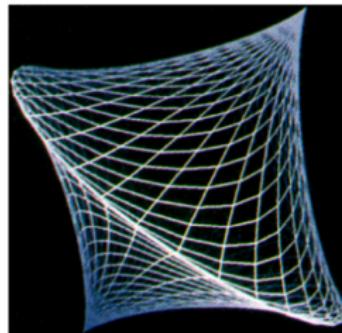


Figura : A Figura a possui problemas de visualização devido a falta de informação de profundidade

Introdução

Identificando Linhas e Superfícies Visíveis

- Uma forma simples de resolver o problema de profundidade é de objetos aramados (wire-frames) é variar o brilho das linhas.
 - Linhas mais próximas da posição de visão possuem maior brilho.



Introdução

Cenas Wire-Frame

- Há vários métodos para definir a profundidade de um objeto wire-frame.
 - Cores diferentes para linhas visíveis e não visíveis.
 - Mostrar linhas não visíveis como linhas pontilhadas.

Cenas Realísticas

- As partes dos objetos que não são vistas são completamente eliminadas.
 - Os pixels da tela terão informações apenas das cores da superfície da frente.

Introdução

Rendering de Superfície

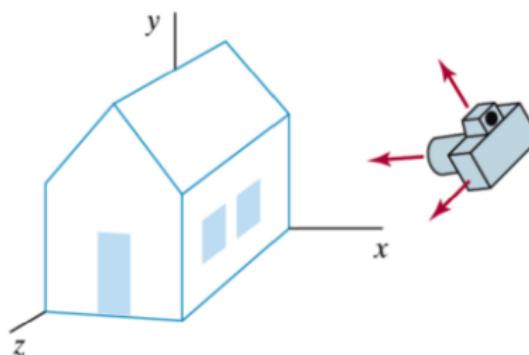
- Efeitos realísticos das cenas são objetos usando efeitos de iluminação
 - Define-se a luz do ambiente.
 - Define-se a cor e posição das fontes de luz.
- Também são definidos o material que os objetos são constituídos.
 - Transparentes, rugosos, opacos, reflexivos, etc.



Introdução

Criando uma Imagem

- O processo para criar uma imagem em computação gráfica em uma cena 3D é semelhante a tirar uma foto.
 - Define-se a posição de visão da câmera.
 - Define-se a orientação da câmera.
 - Como a câmera estará apontada a partir da posição de visão.
 - Como a câmera vai rotacionar definindo a posição **up**.



Introdução

Criando uma Imagem

- Há algumas semelhanças entre o *Pipeline da Viewing 2D e 3D*.
 - Uma **viewport 2D** é utilizada para posicionar a visão projetada no dispositivo de saída.
 - Uma janela de recorte 2D é utilizada para selecionar o que será visto na cena e mapeado para viewport.

Introdução

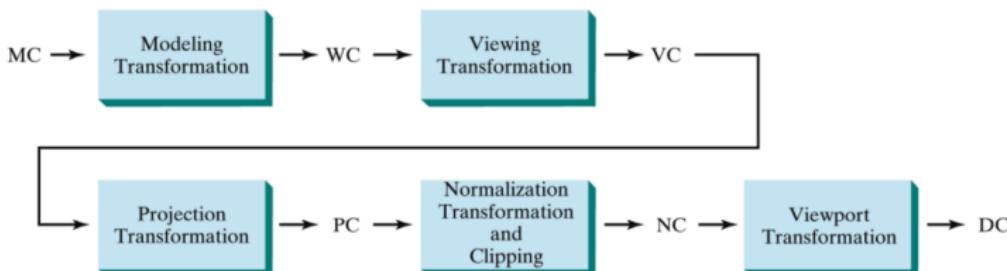
Criando uma Imagem

- Há algumas semelhanças entre o *Pipeline da Viewing 2D e 3D*.
 - Uma **viewport 2D** é utilizada para posicionar a visão projetada no dispositivo de saída.
 - Uma janela de recorte 2D é utilizada para selecionar o que será visto na cena e mapeado para viewport.
- Porém há algumas diferenças
 - A janela de recorte é posicionada sobre um plano de visão.
 - A cena é recortada considerando um volume no espaço (volume de recorte) usando planos de recorte.

Introdução

Vieing Pipeline 3D

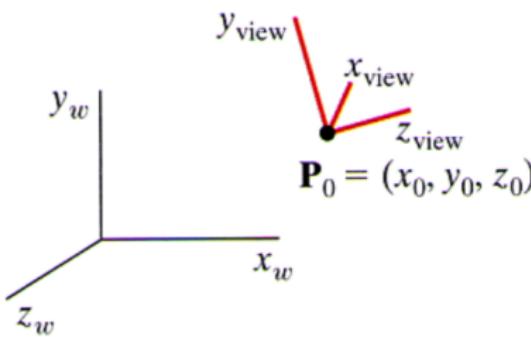
- O **Plano de Visão, Janela de Recorte, a Posição da Visão e os Planos de Recorte** são definidos nas **coordenadas do mundo**.



Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

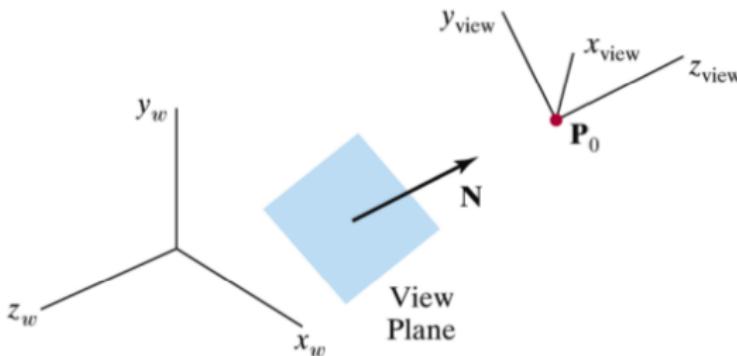
- Para estabelecer um parâmetro de coordenadas 3D é necessário:
 - A origem do sistema $\mathbf{P}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ chamado de **Ponto de Visão**(Onde o observador ou câmera se encontra).
 - O vetor **View up V**, que define a direção do y_{view} .
 - Uma segunda direção para um dos eixos de orientação. Normalmente o z_{view} que representa a orientação do eixo de visão.



Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

Vetor Paralelo ao Plano

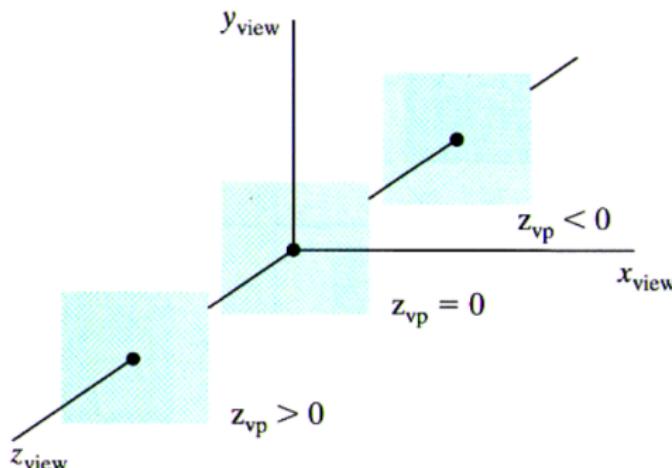
- Geralmente o plano de visão é dado pelo eixo z_{view} e o plano de projeção é formado a partir de um plano perpendicular ao eixo z .
 - Assim a orientação do plano de projeção e a direção projetiva do eixo z_{view} são dados por um vetor normal \mathbf{N} ao **Plano de Projeção**.



Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

Vetor Paralelo ao Plano

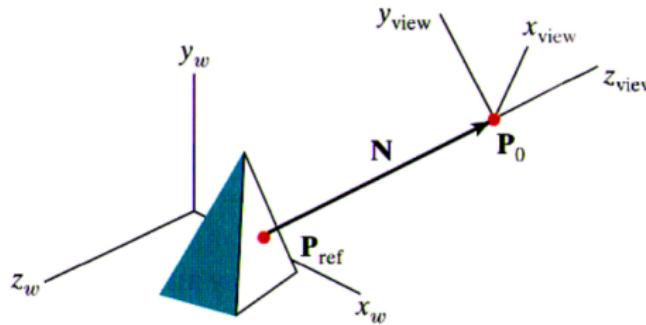
- Um escalar é utilizado para definir a movimentação do plano em um ponto z_{vp} ao longo do eixo z_{view} .
- O plano de visão é sempre paralelo ao plano $x_{view} y_{view}$.



Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

Vetor Paralelo ao Plano

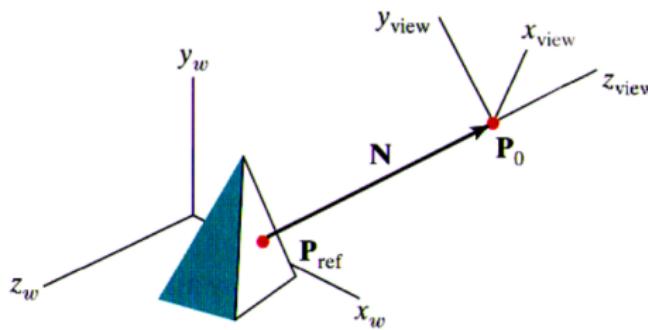
- O vetor normal \mathbf{N} pode ser obtido de várias formas:
 - A direção de \mathbf{N} pode ser obtida a partir de um ponto \mathbf{P}_{ref} até o ponto de origem \mathbf{P}_0 (O inverso também é válido).
 - Neste caso o vetor \mathbf{N} é denominado **look-at point**, com a direção oposta a visão de \mathbf{N} .



Vetor View Up

Vetor Paralelo ao Plano

- Uma vez definida a posição e orientação do vetor \mathbf{N} , é necessário encontrar o vetor **view up** \mathbf{V} que mostra a direção do eixo y_{view} .
- Normalmente \mathbf{V} é definido selecionado uma posição relativa a origem do sistema de coordenadas do mundo.



Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

Vetor View Up

- O vetor **V** pode ser definido em qualquer direção exceto paralela ao vetor **N**.
 - Uma forma conveniente é definir o **V** como sendo paralelo ao eixo *y*. $\mathbf{V} = (0, 1, 0)$.
 - Se **V** não for perpendicular a **N**, rotinas de visão podem ser aplicadas para ajustar(projetar) o vetor de modo que seja.
 - A projeção do vetor **V** em **N** pode ser dada por:

$$\text{proj}_{V_{imp}, N} = V_{proj} = \frac{\mathbf{V} \cdot \mathbf{N}}{(\|\mathbf{N}\|)^2} \cdot \mathbf{N}$$

- E o vetor **V_{ajust}** pode ser encontrado utilizando soma de vetores:

$$V_{ajust} = V_{imp} - V_{proj}$$

Parâmetros de Coordenadas de Visão 3D

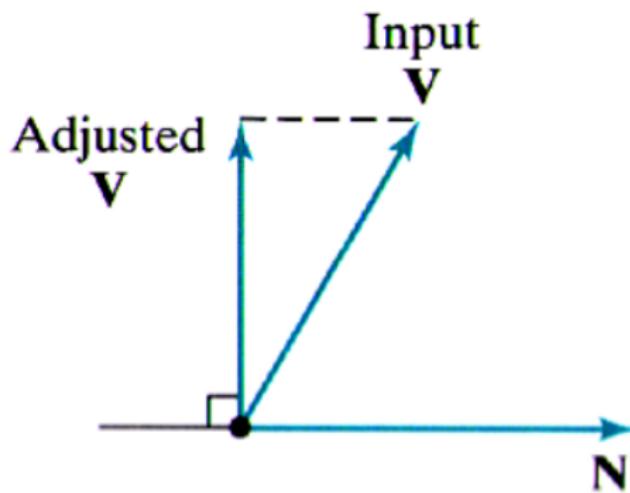


Figura : Ajuste do vetor **view up** para torna-lo perpendicular a **N**

Sistema de Coordenadas de Visão $u \times n$

Sistema de Coordenadas de Visão $u \times n$

- Com o vetor normal **N** definido, assim como o vetor view up **V**, basta apenas encontrar a direção positiva do eixo x_{view} .
 - A direção de x_{view} é representada por um vetor **U** obtido a partir do produto vetorial de **N** e **V**
 - O produto vetorial entre **N** e **U** também pode ser utilizado para ajustar **V** no eixo y_{view} .

Sistema de Coordenadas de Visão $u \times n$

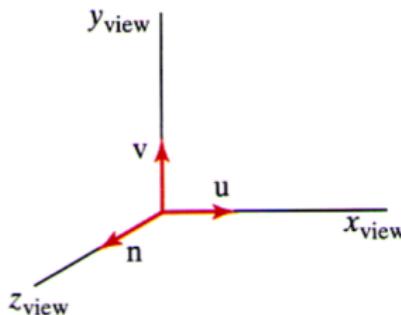
Sistema de Coordenadas de Visão $u \times n$

- Para se obter o sistema de coordenadas **uvn** é necessário:

$$n = \frac{N}{|N|} = (n_x, n_y, n_z)$$

$$u = \frac{V \times n}{|V \times n|} = (u_x, u_y, u_z)$$

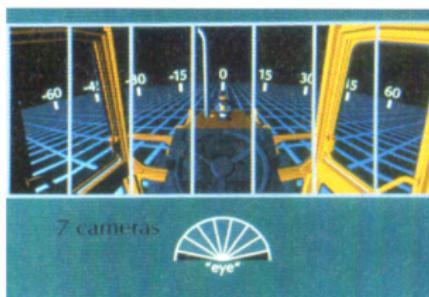
$$v = n \times u = (v_x, v_y, v_z)$$



Gerando Efeitos de Visão 3D

Gerando Efeitos de Visão 3D

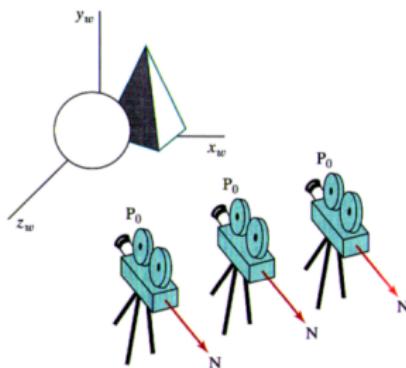
- Variando alguns parâmetros de visão é possível obter vários efeitos 3D.
 - De uma posição fixa é possível variar **N** de forma que seja possível observar objetos ao redor da posição.
 - Variar **N** para obter uma cena composta de múltiplas visões de uma posição fixa da câmera.
 - Lembrando que para cada posição de **N** é necessário ajustar os vetores dos eixos restantes mantendo a regra da mão direita.



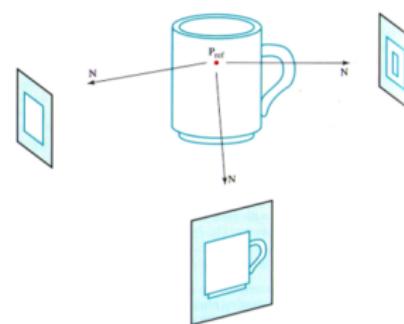
Gerando Efeitos de Visão 3D

Gerando Efeitos de Visão 3D

- Efeitos de movimento da câmera (pam) podem ser obtidos fixando **N** e modificando a posição da câmera.
 - Para mostrar diferentes visões de um objeto podemos mover o ponto de visão ao redor do objeto.



(a) Efeito de pam



(b) Visões diferentes

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

- No **Viewing Pipeline 3D** o próximo passo a ser executado após a cena ser montada é transferir as coordenadas dos objetos para para o sistema de coordenadas de visão.
 - Há uma sobreposição do sistema de coordenadas de visão sobre o sistema de coordenadas do mundo.
- Esta conversão é dada por:
 - ① Translada-se a origem do sistema de visão para a origem do sistema de coordenadas do mundo.
 - ② Rotaciona os eixos x_{view} , y_{view} e z_{view} para deixa-los alinhados com os eixos x_{wc} , y_{wc} e z_{wc} .

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

- Se a origem do sistema de visão for em $P_0(x_0, y_0, z_0)$ a matriz de translação \mathbf{T} será:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_0 \\ 0 & 1 & 0 & -y_0 \\ 0 & 0 & 1 & -z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

- A Matriz de Rotação poder ser obtida por meio dos vetores $\mathbf{u} = (u_x, u_y, u_z)$, $\mathbf{v} = (v_x, v_y, v_z)$ e $\mathbf{n} = (n_x, n_y, n_z)$:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} u_x & u_y & u_z & 0 \\ v_x & v_y & v_z & 0 \\ n_x & n_y & n_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

Transformação das Coordenadas do Mundo para as de Visão

- Portanto a matriz de transformação é:

$$\mathbf{M}_{WC,VC} = R \cdot T = \begin{bmatrix} u_x & u_y & u_z & -u \cdot P_0 \\ v_x & v_y & v_z & -v \cdot P_0 \\ n_x & n_y & n_z & -z \cdot P_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Transformações de Projeção

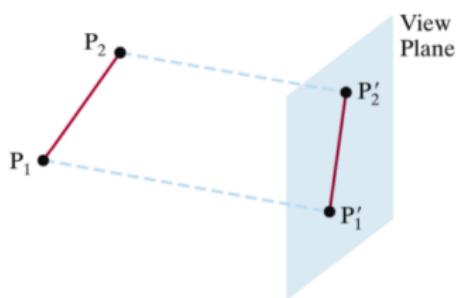
Transformações de Projeção

- Após a transformação para as coordenadas de visão, o próximo passo do Viewing Pipeline 3D é a projeção no plano de projeção.

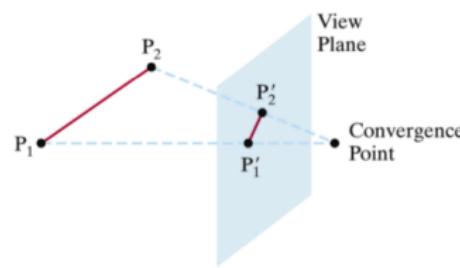
Pacotes Gráficos

- Em geral os pacotes gráficos suportam:
 - **Projeção Paralela:** as coordenadas são transferidas para o plano de projeção ao longo de linhas paralelas.
 - **Projeção Perspectiva:** as coordenadas são transferidas para um ponto convergindo para um ponto.

Transformações de Projeção



(c) Projeção Paralela



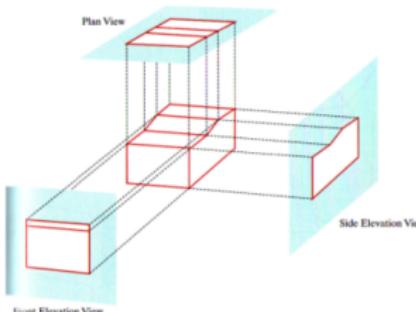
(d) Projeção Perspectiva

Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Projeções Ortogonais

- Transformam as descrições dos objetos utilizando um plano de projeção ao longo das linhas paralelas ao vetor **N**.
- É utilizada para visão frontal, lateral e superior dos objetos.
- Preserva o tamanho e ângulos dos objetos. Devido a isso este tipo de projeção é principalmente utilizada em programas arquitetônicos.



Projeções Ortogonais

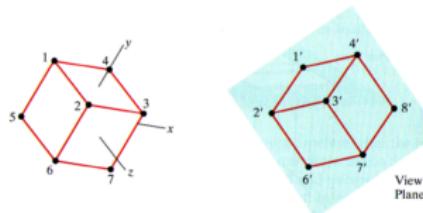
Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Projeções Axonométricas

- É a projeção ortogonal que mostra mais de uma face do objeto.

Projeções Axonométricas Isométrica

- A projeção **Isométrica** é a projeção Axonométrica mais comum.
 - Elá consiste em alinhar o plano de projeção de forma a intersectar cada eixo coordenado no qual o objeto é definido a mesma distância da origem.



Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

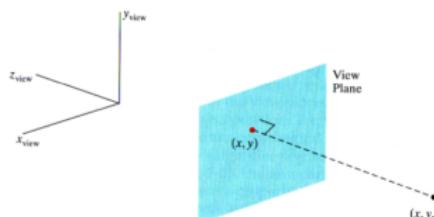
Coordenadas de Projeções Ortogonais

- Com a direção da projeção sendo paralela ao eixo z_{view} , as equações para as transformações de projeção ortogonal em uma posição (x, y, z) são:

$$x_p = x$$

$$y_p = y$$

- O valor de z é armazenado para futuras procedimentos para determinar a visibilidade.

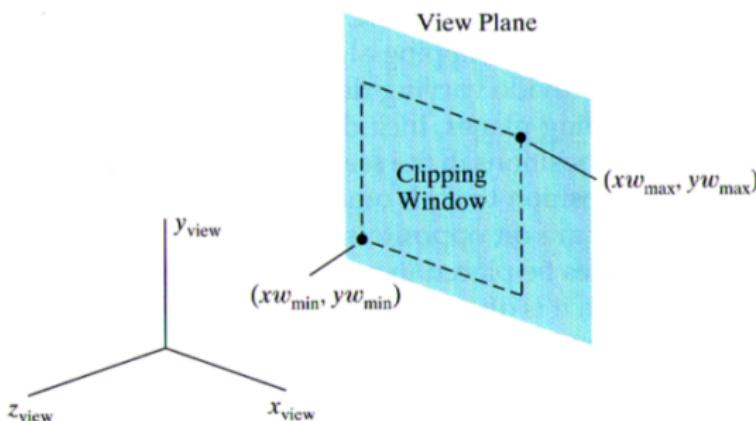


Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Janela de Recorte e Volume de Projeção Ortogonal

- Para determinar o quando da cena aparecerá, uma janela de recorte é então utilizada.
 - É necessário determinar os limites da janela de projeção sobre o plano formado pelos eixos $x_{view} \times y_{view}$, ou seja, com as arestas paralelas aos mesmos.

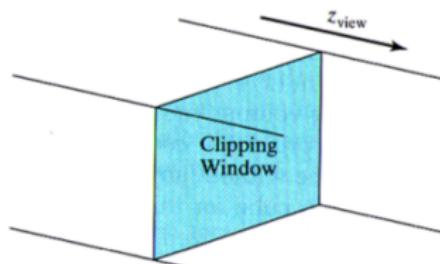


Projeções Ortogonais

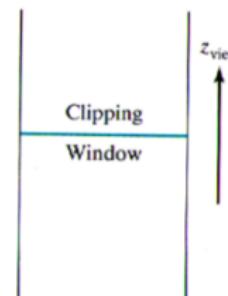
Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Janela de Recorte e Volume de Projeção Ortogonal

- As arestas da **Janela de Recorte** especificam os valores de x e y que serão mostrados na cena, formando assim, o **VOLUME DE VISÃO DE PROJEÇÃO ORTOGONAL**.



Side View
(a)



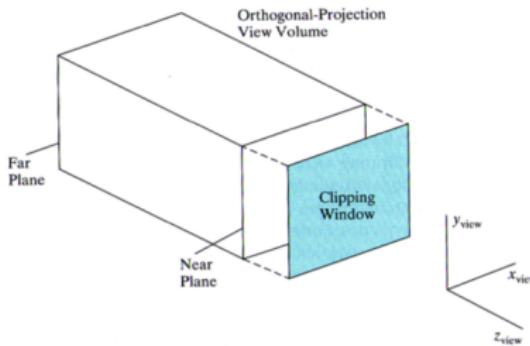
Top View
(b)

Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Janela de Recorte e Volume de Projeção Ortogonal

- Para limitar a extensão do volume de projeção dois planos de fronteira, denominados **Planos de Recorte Near/Far** são utilizados paralelamente aos planos de visão.
 - Permite eliminar objetos que estão na frente ou atrás de uma parte da cena.
 - Com a direção de visão ao longo do eixo negativo de z_{view} , temos $z_{far} < z_{near}$.



Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Transformações de Normalização para Projeção Ortogonal

- Qualquer posição (x, y, z) em uma projeção ortogonal pode ser mapeada para (x, y) , as coordenadas dentro do volume de visão são as coordenadas de projeção, assim elas podem ser mapeadas para o **volume de visão normalizado** sem precisar ser reprojetadas.

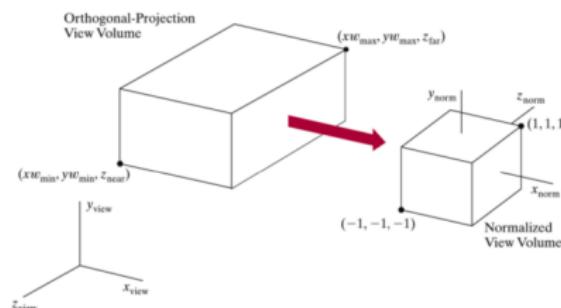


Figura : Transformações de normalização de um sistema de referência baseado na regra da mão esquerda.

Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Transformações de Normalização para Projeção Ortogonal

- A transformação de normalização é semelhante a obtida em 2D, com a adição da coordenada z normalizada no intervalo z_{near} a z_{far} para -1 e 1:

$$\mathbf{M}_{ortho,norm} = R \cdot T$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{2}{xw_{max} - xw_{min}} & 0 & 0 & -\frac{xw_{max} + xw_{min}}{xw_{max} - xw_{min}} \\ 0 & \frac{2}{yw_{max} - yw_{min}} & 0 & -\frac{yw_{max} + yw_{min}}{yw_{max} - yw_{min}} \\ 0 & 0 & \frac{-2}{z_{near} - z_{far}} & -\frac{z_{far} + z_{near}}{z_{far} - z_{near}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Projeções Ortogonais

Projeções Ortogonais ou Ortográficas

Transformações de Normalização para Projeção Ortogonal

- A multiplicação desta matriz com a matriz que transforma as coordenadas do mundo em coordenadas de visão produz a transformação correta para se obter as coordenadas corretas para se obter as coordenadas normalizadas da projeção ortogonal.

$$\mathbf{M}_{ortho,norm} \cdot \mathbf{M}_{WC,VC}$$

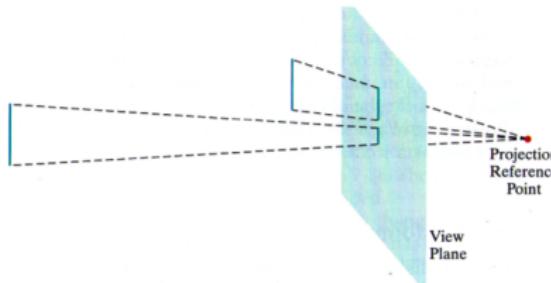
- Com a normalização operações como a de recorte e identificação se superfícies visíveis podem ser feitas de modo mais eficiente.

Projeções Perspectivas

Projeções Perspectivas

Projeções Perspectivas

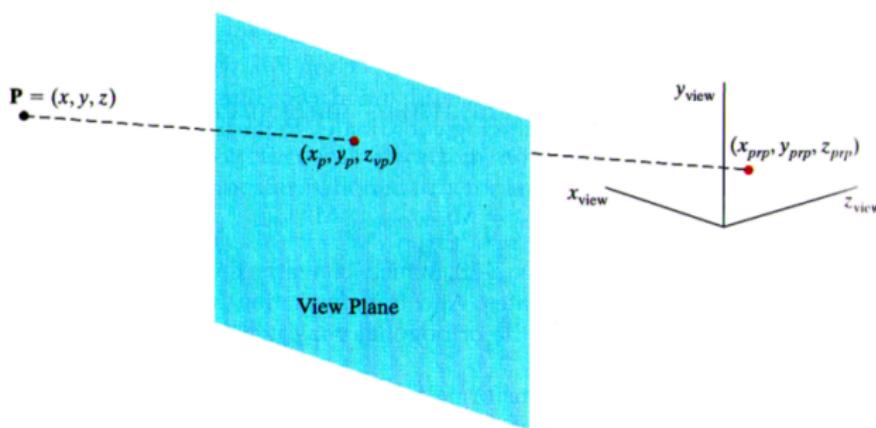
- Para um maior realismo nas cenas, quando comparado a perspectiva, temos que levar em consideração que os raios de luz refletidos na cena possuem caminhos convergentes.
- Uma aproximação desta característica pode ser feita projetando os objetos ao plano de visão ao longo de caminhos convergentes a uma posição chamada **ponto de referência de projeção (centro da projeção)**.



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

- Algumas bibliotecas gráficas permitem escolher o ponto de projeção $(x_{ppr}, y_{ppr}, z_{ppr})$



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

- Considerando que a projeção do ponto (x, y, z) intersecta o plano de projeção na posição $(x_{prp}, y_{prp}, z_{prp})$, podemos descrever qualquer ponto ao longo desta linha de projeção como sendo:

$$x' = x + t(x_{prp} - x)$$

$$y' = y + t(y_{prp} - y)$$

$$z' = z + t(z_{prp} - z)$$

$$0 \leq t \leq 1$$

- No plano de visão $z' = z_{vp}$, então podemos encontrar t :

$$t = \frac{z_{vp} - z}{z_{prp} - z}$$

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

- Substituindo o valor de t nas equações de x' e y' obtemos as equações de projeção perspectiva.

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Posição do Ponto de Projeção

- Geralmente o ponto de projeção está entre o plano de projeção e a cena, mas existem outras posições possíveis (menos sobre o plano de projeção).

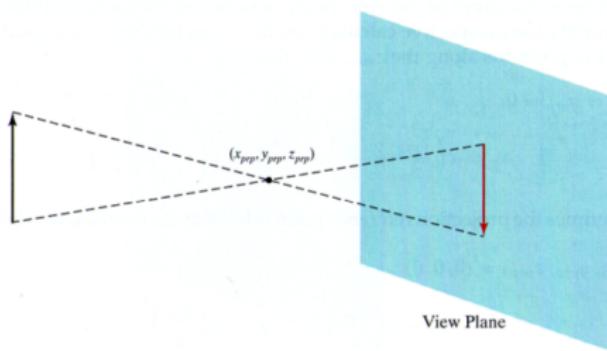


Figura : Os objetos da cena será invertidos caso o ponto de referência esteja a frente do plano.

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Posição do Ponto de Projeção

- Os efeitos de perspectiva dependem da posição em que o centro de projeção está em relação ao plano de visão.

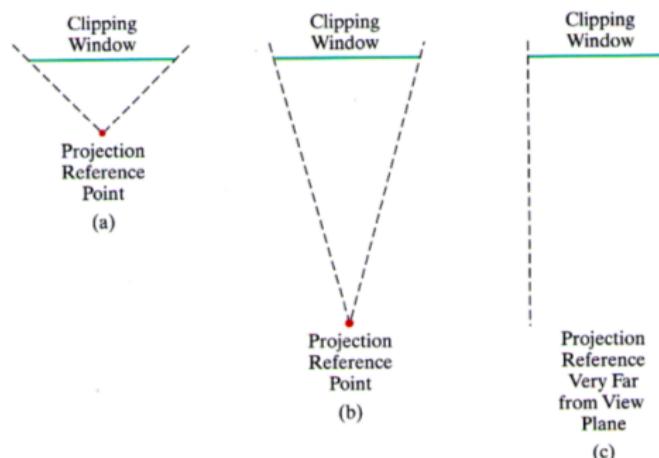


Figura : Quanto mais perto o centro de projeção está do plano, maiores serão os objetos próximos ao plano.

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Pontos de Fuga na Projeção Perspectiva

- Linhas paralelas entre si e ao plano de projeção são projetadas como linhas paralelas.
- Linhas paralelas que não são paralelas ao plano de projeção são projetadas em linhas convergentes.
- O ponto em que as Linhas convergem é denominado **Ponto de Fuga**.



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Pontos de Fuga na Projeção Perspectiva

- Os conjuntos de linhas que são paralelas ao algum dos eixos principais dos objetos levam a composição de **pontos de fuga principais**.
 - É possível controlar os número de pontos de fuga, que podem ser 1,2 ou 3. Para tal controle basta mudar a orientação do plano de projeção.
 - O número de pontos de fuga principais é igual a quantidade de eixo principais do objeto que intersectam o plano de projeção.

Projeções Perspectivas

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

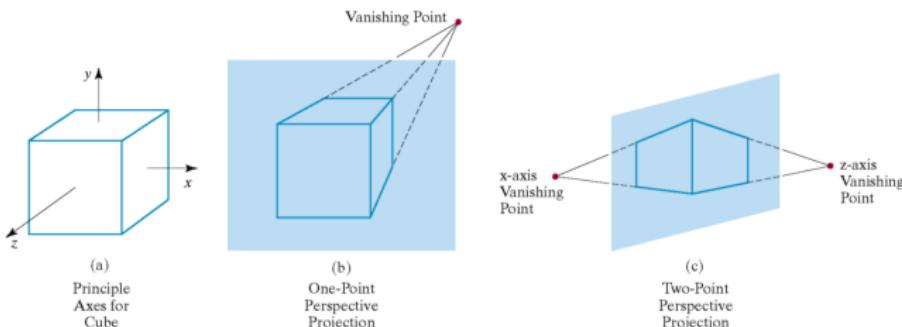
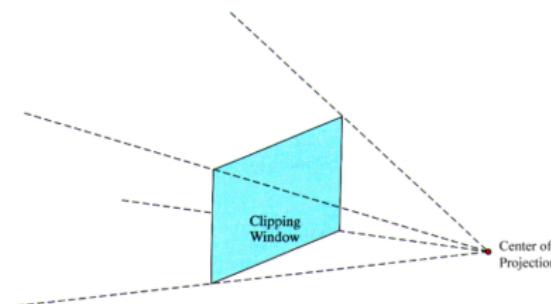


Figura : Em (b) o plano xy é paralelo ao plano(apenas z é intersectado), e em (c) os eixos x e y são intersectados.

Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Volume de Projeção Perspectiva

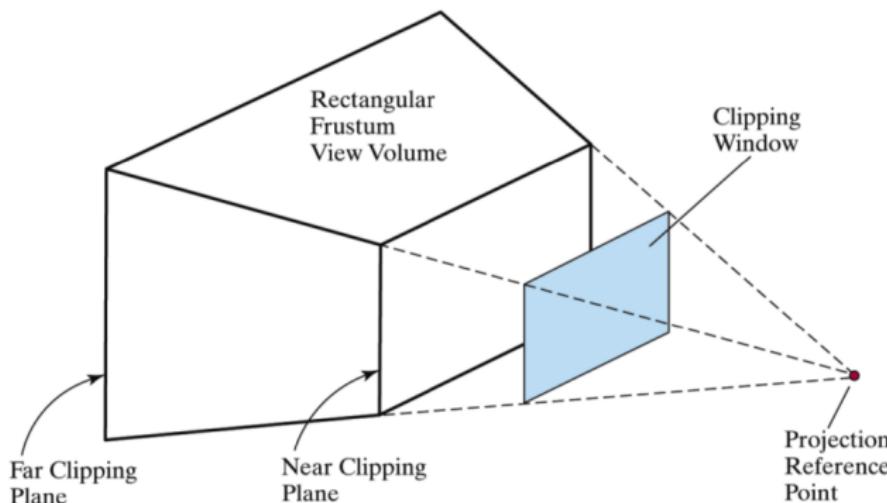
- Na projeção em perspectiva, o volume de visão é definido por uma pirâmide infinita com o ápice no ponto que corresponde ao centro de projeção. Esta pirâmide é normalmente chamada de **Pirâmide de Visão**.
 - Objetos estão fora dos limites da pirâmide são excluídos das rotinas de recortes.



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Volume de Projeção Perspectiva

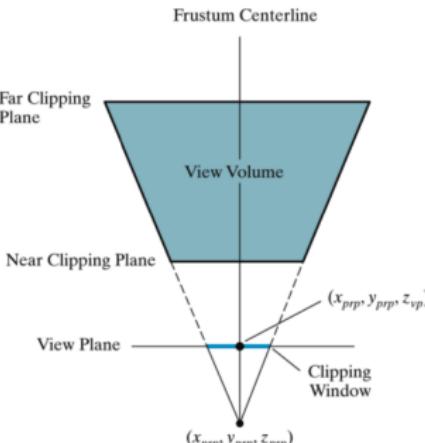
- Adicionando os planos de recorte near/far perpendiculares ao eixo z_{view} a pirâmide de visão é truncada resultando em um tronco de pirâmide denominado **Frustum**.



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Frustum Simétrico

- Se a linha que parte do centro de projeção e cruza o centro da janela de recorte intersectando a linha central do Frustum de projeção e perspectiva.
 - Se essa linha for perpendicular ao plano de visão então o Frustum é simétrico.

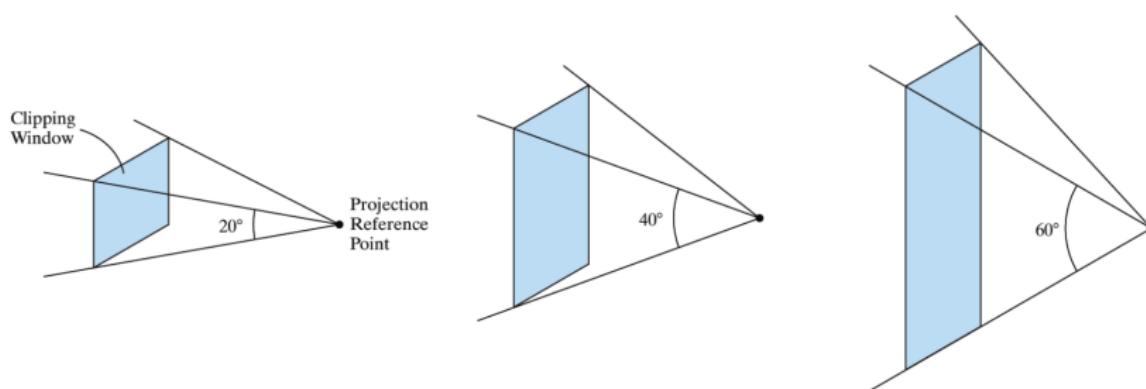


Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Frustrum Simétrico

- É possível definir um ângulo de visão que influenciará no tamanho da janela de recorte.
 - Diminuir o ângulo do campo de visão diminui a janela de recorte.
 - Mover o ponto para longe do plano de visão.
 - Zoom-in de uma pequena região da cena.
 - Aumentar o ângulo do campo de visão aumenta a janela de recorte.
 - Mover o ponto para perto do plano de visão.
 - Zoom-out da cena.

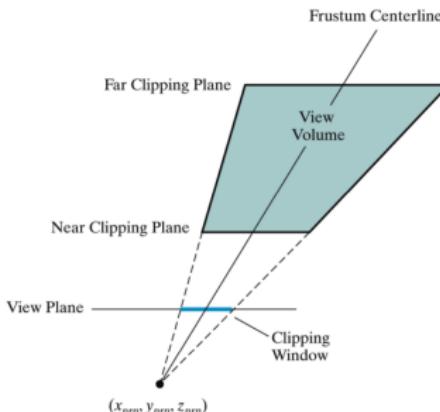
Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Frustum Oblíquo

- Se a linha que parte do centro de projeção e cruza o centro da janela de recorte não intersecta a linha central do Frustum de projeção e perspectiva, então temos um **Frustum oblíquo**.
 - Então é necessário transformar este Frustum é um Frustum simétrico.



Transformações de Coordenadas de Projeção Perspectiva

Frustum Oblíquo

- Esta transformação pode ser obtida fazendo o cisalhamento em z.

