

3 Conceitos Básicos

Este capítulo tem por função apresentar alguns conceitos que serão repetidos com frequência ao longo deste trabalho. Idéias como textura homogênea e isotrópica, projeções ortográficas, transformações afim etc se encontram resumidas nas seções abaixo, com o intuito de facilitar a leitura.

3.1 Afinal, o que é textura?

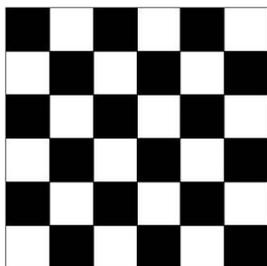
O termo textura é facilmente associado quando lido, ouvido ou visto, entretanto uma definição é difícil. A visão humana reconhece texturas de maneira tão corriqueira que usualmente passa despercebido.



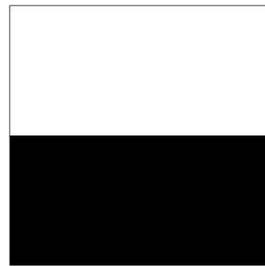
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7 – Exemplos de texturas. Texturas naturais: mar (a) e grama cortada (b). Texturas sintéticas (c) e (d), que possuem distribuição idêntica de intensidade, porém diferem-se no arranjo espacial.

Em uma imagem a textura nos dá a informação sobre o arranjo espacial das cores e intensidades. Um exemplo pode ser visto na Figura 7, em (c) e (d), onde as imagens possuem a mesma distribuição de intensidade (50% branco – 50% preto), porém suas texturas são diferentes, têm uma disposição espacial na imagem distinta. A textura é uma informação adicional na segmentação, muito útil em alguns casos.

Na área de processamento de imagens texturas podem ser definidas como padrões de repetição de determinados elementos formadores, os chamados *texels*. Essa é a definição necessária para *SFT*, como veremos mais a frente, uma vez que esperamos que padrões apareçam de maneira homogênea na imagem.

Em *SFT* são empregados normalmente a detecção de *texels* ou uma análise de frequência (Fourier) como medidas de textura. No presente trabalho os métodos apresentados baseiam-se em Fourier e Filtros de Gabor, que serão melhor descritos no capítulo seguinte. Descrições mais abrangentes de outras medidas de texturas podem ser encontradas na literatura como em [39, 40, 41].

3.1.1 Homogeneidade e isotropia

Na área de *SFT* as texturas são divididas em dois tipos: homogêneas e isotrópicas.

Uma textura **homogênea** é aquela onde recortes locais pequenos da textura parecem iguais, independente de onde tenham sido retirados. Ou seja, há um padrão uniforme de repetição ao longo da superfície. Em um algoritmo *SFT*, ao tomarmos uma textura como homogênea assumimos que algumas estatísticas como área e densidade são constantes na superfície; desta forma, estas irão variar devido a distorções causadas pela mudança de orientação.

Uma textura **isotrópica** é aquela onde a probabilidade de se encontrar um elemento formador da textura (*texel*) independe de sua orientação. Não há orientação tendenciosa. Ou seja, ao rotacionar a textura ainda assim teremos a impressão de que esta não sofreu nenhuma alteração. O termo isotrópico, por definição, significa que um objeto apresenta as mesmas propriedades físicas em todas as direções.

Na Figura 8 há um exemplo de textura homogênea e isotrópica.

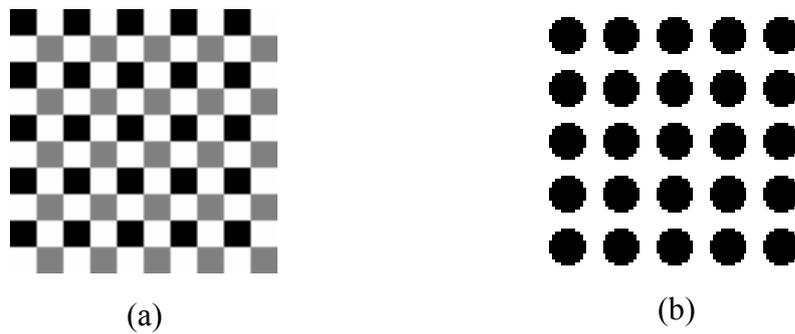


Figura 8 – Exemplos de textura. Textura homogênea (a) e textura isotrópica (b).

3.2 Modelo de Projeção Ortográfica

Ao transportamos um objeto tridimensional no mundo real para uma imagem, um plano bidimensional, usamos um modelo de projeção dos pontos. Em um caso real, uma câmera comum, o modelo é perspectivo (Figura 9 (a)), ou seja, os pontos na imagem convergem para o ponto focal da lente e então divergem para o plano da imagem.

Nos métodos apresentados neste trabalho foi empregado um modelo de projeção ortográfico, cuja modelagem matemática (uma transformação afim) é mais simples que o perspectivo. Ainda assim o ortográfico é uma boa aproximação para imagens de objetos cuja superfície está a uma curta distância da câmera.

Em um problema de *SFT* usando projeção ortográfica, o ângulo *tilt* (descrito na seção seguinte) possui uma ambigüidade de 180° (π). Isso significa que neste modelo, utilizando somente informação de textura, não há como saber se uma superfície é côncava ou convexa.

Na projeção ortográfica os pontos são projetados paralelamente ao plano imagem, conforme ilustrado na Figura 9 (b).

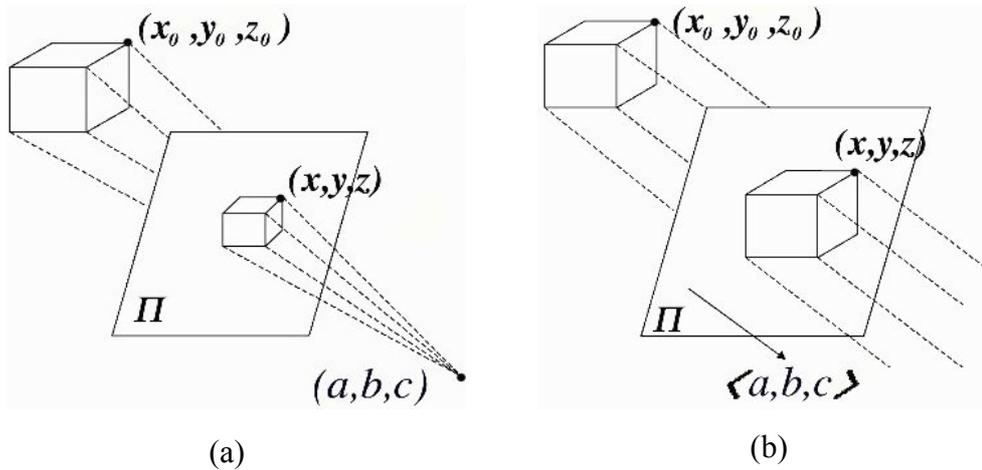


Figura 9 – Ilustração de projeções. (a) Perspectiva. (b) Ortográfica.

3.3 Representação do espaço 3D através da orientação

A representação do espaço tridimensional na área de *SFT* se dá através da orientação, sendo esta representada pelos ângulos *slant* e *tilt*.

Dado um sistema de coordenadas (x, y, z) tal que o plano x - y coincide com o plano da imagem e o eixo óptico coincide com a coordenada z . O *slant*, σ , é o ângulo entre a normal da superfície e a coordenada z . O *tilt*, τ , é o ângulo entre a normal projetada no plano x - y e a coordenada x , como pode ser visto na Figura 10. Esta representação foi proposta por Stevens [42].

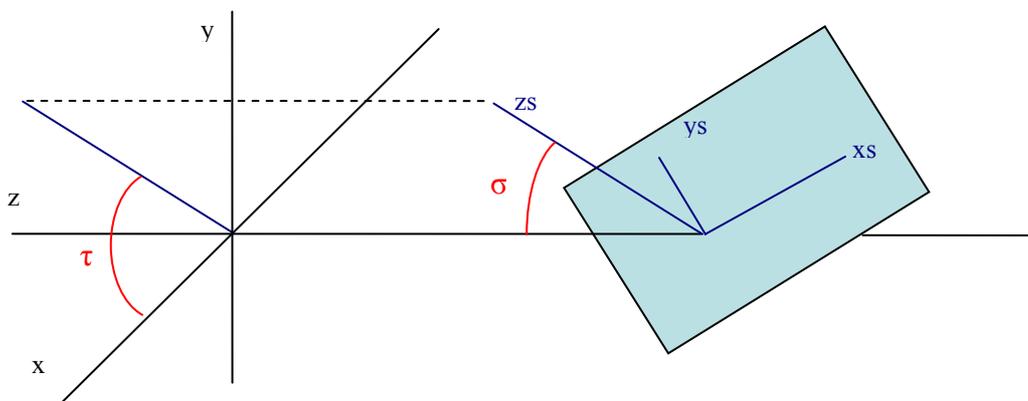


Figura 10 - Representação da orientação por slant e tilt.

3.4 Modelo de transformação geométrica

Conforme visto na seção anterior a orientação de um ponto na imagem é representada por dois ângulos, *slant* e *tilt*. O *slant* representa uma compressão na direção do *tilt*.

Este modelo de orientação, um uma projeção ortográfica, pode ser representado através de uma transformação afim T_M , segundo [36]:

$$T_M = \begin{bmatrix} \cos \tau & -\sin \tau \\ \sin \tau & \cos \tau \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \cos \sigma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}, \quad (1)$$

onde τ é o *tilt*, σ é o *slant* e θ é o ângulo *theta*. Esta transformação representa a seguinte operação em uma imagem: primeiro é rotacionada de θ , depois comprimida em um dos eixos por um fator equivalente ao co-seno do *slant* (σ) e finalmente rotacionada pelo ângulo *tilt* (τ). Na Figura 11 há um exemplo passo-a-passo da transformação afim T_M .

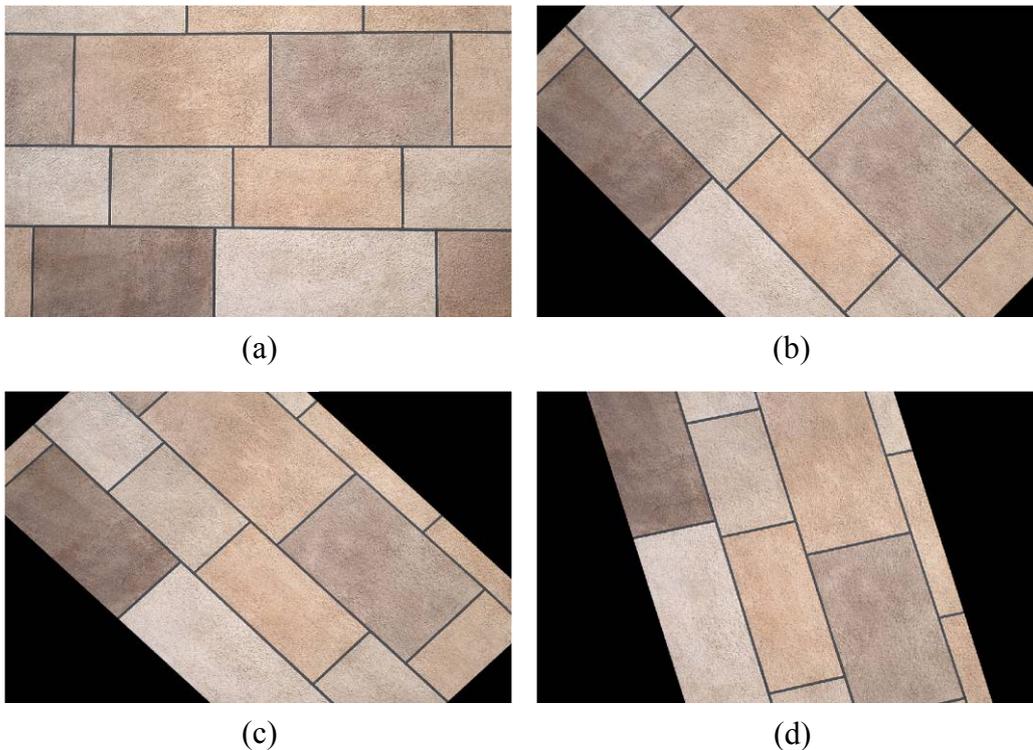


Figura 11 – Exemplo de Transformação T_M passo a passo. (a) imagem original. (b) após rotação por *theta*. (c) compressão de (b) por *slant*. (d) rotação de (c) por *tilt*.

Esse modelo de transformação de textura é o adotado em todos os experimentos. Representa a deformação esperada da textura em um local da imagem, causada pela projeção.

Uma convenção feita ao longo do texto é que qualquer transformação afim é representada por T . Entretanto, uma transformação que siga a forma da eq. (1) é representada por T_M . As transformações afins estimadas pelos métodos apresentados no capítulo a seguir são representadas por T_M' . Onde o apóstrofo significa que é uma estimativa e não a transformação original.

3.4.1 Decomposição do modelo de transformação por SVD

O modelo visto na eq. (1) é o esperado numa transformação afim, estimada pelos métodos descritos no capítulo adiante. Entretanto, para obter a orientação nos pontos da imagem é necessário decompor a equação. Para tal é empregado o método da Álgebra Linear conhecido como *Singular Value Decomposition (SVD)* [43], decomposição por valores singulares.

A decomposição de uma matriz P por *SVD* dá-se como:

$$P = R\Sigma Z', \quad (2)$$

onde R e Z são matrizes ortogonais e Σ :

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \varsigma_{11} & 0 \\ 0 & \varsigma_{22} \end{bmatrix}$$

Admitimos então na decomposição que R corresponde à matriz de rotação definida pelo *tilt* e Z a matriz de rotação pelo *theta* transposta. *Tilt* e *theta* são calculados então pelas equações:

$$\tau = \arccos(R_{11}) \quad (3)$$

$$\theta = \arccos(Z_{11}) \quad (4)$$

A matriz Σ representa a compressão pelo *slant*. Entretanto, usualmente o valor de ζ_{11} é diferente de 1. Para que esta siga os moldes de uma transformação T_M , Eq. (1), o valor de um dos elementos da diagonal deve ser igual a 1. Para garantir isso assumimos então que o *slant* é o arco cujo co-seno é igual a $\frac{\zeta_{22}}{\zeta_{11}}$, conforme a equação:

$$\sigma = \arccos\left(\frac{\zeta_{22}}{\zeta_{11}}\right) \quad (5)$$

O capítulo seguinte apresenta, em detalhes, as técnicas utilizadas neste trabalho.