

**Visão Computacional**  
**IMPA – 2004**  
**2ª Prova**  
**Entregar em 20/2/2004**  
**(no meu escaninho ou a Asla)**

Considere a imagem em <http://www.impa.br/~pcezar/cursos/visao/lab/fachada.jpg>. Admita que ela foi obtida por uma câmera com pixels quadrados e sem distorção angular. É possível determinar os pontos de fuga de três direções mutuamente ortogonais do espaço, correspondentes à largura, altura e profundidade do prédio que aparece na foto. Denotaremos estes pontos de fuga, obtidos através da interseção de projeções de retas paralelas, por  $F_X$ ,  $F_Y$  e  $F_Z$ , respectivamente. Nosso objetivo é obter informações tridimensionais na foto, usando estes três pontos. O procedimento tem diversas etapas. O resultado encontrado por mim, em cada etapa, é fornecido, para que cada item possa ser resolvido de modo independente. No entanto, se você obtiver valores compatíveis com o da resposta, utilize estes valores e não os meus.

1. Encontre  $F_X$ ,  $F_Y$  e  $F_Z$ , supondo que a origem do sistema de coordenadas da imagem é o canto superior esquerdo (eu achei  $F_X \approx (-1680, 822)$ ,  $F_Y \approx (37, -2136)$  e  $F_Z \approx (880, 654)$ ).
2. Use o fato de que centro óptico  $C$  forma com os três pontos de fuga  $F_X$ ,  $F_Y$  e  $F_Z$  um triedro tri-retângulo para mostrar que a projeção do centro óptico sobre a imagem é o ortocentro (ponto de encontro das alturas) do triângulo  $F_X F_Y F_Z$ .
3. Use a propriedade anterior para obter as coordenadas  $(x_0, y_0)$ , em pixels, da projeção  $H$  do centro óptico (eu encontrei  $H \approx (193, 256)$ ).
4. O ponto  $H$ , no sistema de coordenadas da câmera, tem coordenadas  $(x_0, y_0, f)$ , onde  $f$  é a distância em pixels do centro óptico  $C$  ao plano de projeção. Utilize uma relação de ortogonalidade para calcular  $f$  (eu achei  $f \approx 1030$  pixels). Sabendo que a menor dimensão do filme mede 35 mm, estime também a distância focal da lente em mm.
5. Considere, para o sistema de coordenadas do mundo, o referencial que tem origem no centro óptico  $C$  e tem eixos paralelos às direções  $X$ ,  $Y$  e  $Z$ , com distâncias medidas em pixels. Utilize  $C$ ,  $F_X$ ,  $F_Y$  e  $F_Z$  para obter a equação de projeção da câmera neste sistema; eu obtive
$$P = \begin{bmatrix} -782.51 & 14.61 & 696.97 & 0 \\ 382.88 & -843.26 & 517.97 & 0 \\ 0.4659 & 0.3948 & 0.7920 & 0 \end{bmatrix}.$$
6. Suponha, agora, que desejemos extrair, com as proporções corretas, o cartaz situado na fachada do prédio. Ele está situado em um plano em que  $Z$  é constante. Embora esta constante seja desconhecida ela pode ser arbitrada (por exemplo, podemos supor  $Z = 1$ ). Determine a homografia que estabelece a correspondência entre cada ponto  $q$  da imagem e o ponto  $Q$  do plano  $Z = 1$  que se projeta em  $q$ . Aplique esta homografia na imagem para remover a deformação perspectiva do cartaz (seu resultado deve se parecer com a figura a seguir).

