Visão Tridimensional

Estimação de Forma 3-D

Forma a partir de imagens monoculares:

Shape-from-Shading e Estéreo Fotométrico

$\rightarrow$ Mapa de Reflectância

- Conceitos de Radiometria

Irradiância

$\rightarrow$ Potência luminosa incidindo numa superfície, por unidade de área (W/m^2)

Radiância

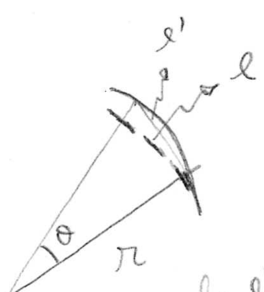
$\rightarrow$ Potência luminosa emitida por uma unidade de área de uma superfície, por unidade de ângulo sólido ($W/m^2.sr$)

- Radiância da cena $\times$ Irradiância da imagem

$\rightarrow$ A irradiância num ponto da imagem é proporcional à radiância do ponto correspondente na cena

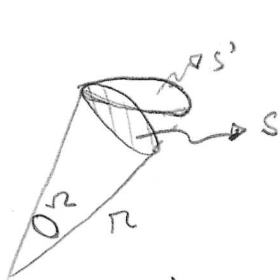
$$I(x, y) \propto L(X, Y, Z)$$

Para projeção ortográfica: $(x, y) = (X, Y)$



$\theta = \frac{l}{r}$

$l = l' \cos\theta$



$\Omega = \frac{S}{r^2}$

$S = S' \cos\theta$

A radiância de um ponto na cena depende de:

- *direção de iluminação*: $\hat{s}(x, y)$

- *direção de observação*: $\hat{v}(x, y)$

- *orientação local da superfície*: $\hat{n}(x, y)$

- *reflectividade da superfície (albedo)*: $\rho(x, y)$

- Mapa de Reflectância

$\rightarrow$ Função modelando estas dependências

$$I(x, y) \propto R(\hat{n}, \hat{s}, \hat{v}, \rho)$$

- Em geral, assume-se

$\hat{s} =$ constante, $\hat{v} =$ constante, $\rho =$ constante e

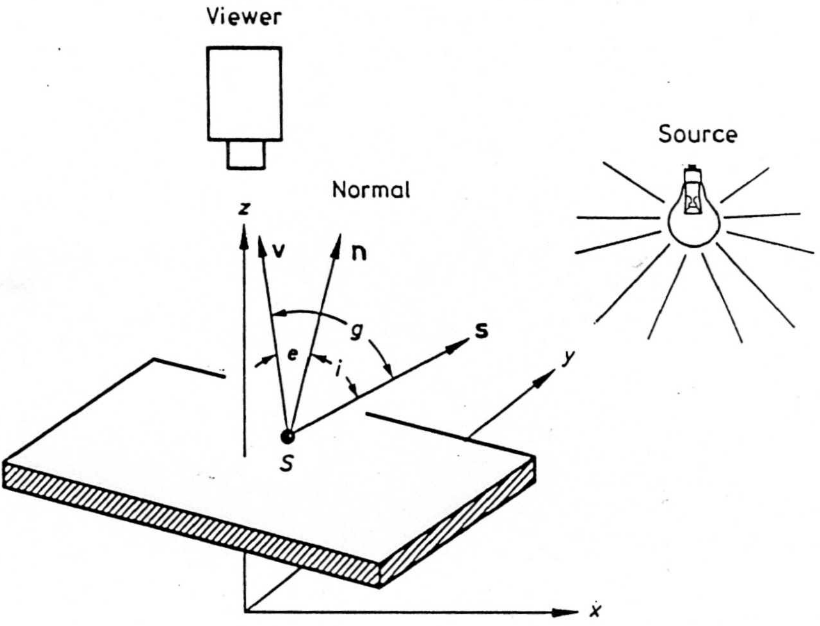
$I(x, y) = R(\hat{n}, \hat{s}, \hat{v})$ (Equação de Irradiância da Imagem)

- A orientação da superfície também pode ser dada por

$$(p, q) = \left(\frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right)$$

onde $z(x, y)$ é a equação da superfície, e

$$\hat{n} = \frac{1}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}(-p, -q, 1)$$


Viewer
Source
Normal
z
v
n
g
s
e
i
y
S
x

• Exemplos de Mapas de Reflectância

i) Superfície Lambertiana (Difusor Perfeito)

→ Irradiância *independe* do ponto de observação

$$R(\hat{n}, \hat{s}) = \begin{cases} \hat{n} \cdot \hat{s} = \cos i, & i \leq \frac{\pi}{2} \\ 0, & i > \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

onde i é o ângulo entre $\hat{n}$ e $\hat{s}$ (ângulo de incidência)

Denotando

$$\hat{s} = \frac{1}{\sqrt{1 + p_s^2 + q_s^2}}(-p_s, -q_s, 1)$$

obtemos

$$R(p, q) = \frac{1 + pp_s + qq_s}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}\sqrt{1 + p_s^2 + q_s^2}}$$

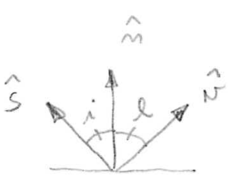
→ Contornos de irradiância constante no espaço gradiente, (p, q), são seções cônicas

ii) Superfície Especular Perfeita

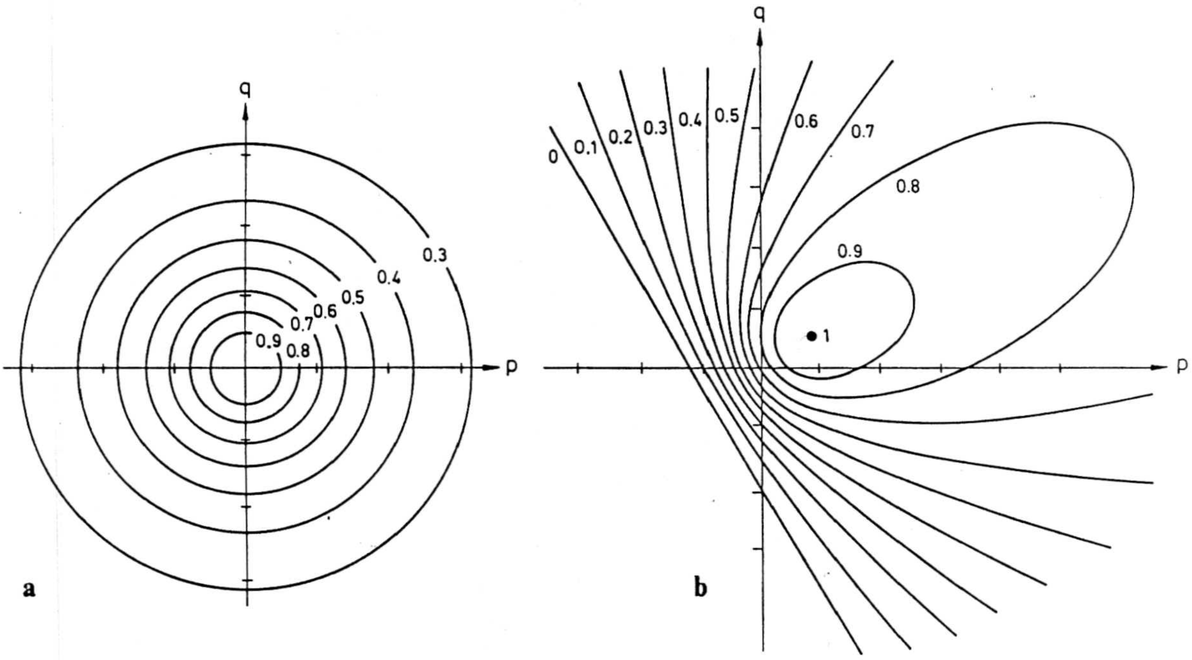
$$R(\hat{n}, \hat{s}, \hat{v}) = \delta\{\hat{v} - 2(\hat{n} \cdot \hat{s})\hat{n} + \hat{s}\}$$

→ Irradiância é um impulso quando a condição especular é satisfeita, i.e., $\hat{v} = \hat{v}_S \equiv 2(\hat{n} \cdot \hat{s})\hat{n} - \hat{s}$

→ $\hat{s}$ e $\hat{v}$ estão num mesmo plano com $\hat{n}$, e os ângulos de incidência e emissão são iguais



$\hat{v} + \hat{s} = 2(\hat{n} \cdot \hat{s})\hat{n}$


q
p
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
a
q
p
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
b

iii) Superfície Lustrosa

$\rightarrow$ Reflectância Difusa + Especularidade

$$R(\hat{n}, \hat{s}, \hat{v}) = \rho_L \cos i + \rho_S \cos^m d$$

onde ρ_L é a reflectividade lambertiana, ρ_S é a reflectividade especular, e

$$\cos d = \hat{v}_S \cdot \hat{v} = [2(\hat{n} \cdot \hat{s})\hat{n} - \hat{s}] \cdot \hat{v}$$

$\rightarrow$ d é o ângulo entre a direção de observação, $\hat{v}$, e a direção especular perfeita, $\hat{v}_S$

$\rightarrow$ Reflectância quase-especular: Decresce, mas não se anula, à medida que o observador se afasta da direção especular perfeita

$\rightarrow$ Picos de especularidade mais estreitos, para maiores expoentes m

- Equação de Irradiância da Imagem

$$I(x, y) = R(p, q, \hat{s})$$

$\rightarrow$ No sentido direto, permite construir imagens de uma superfície, $z(x, y)$, conhecendo-se a sua reflectância

$\rightarrow$ No sentido inverso, permite obter a forma de uma superfície, (p, q), a partir de uma ou mais imagens

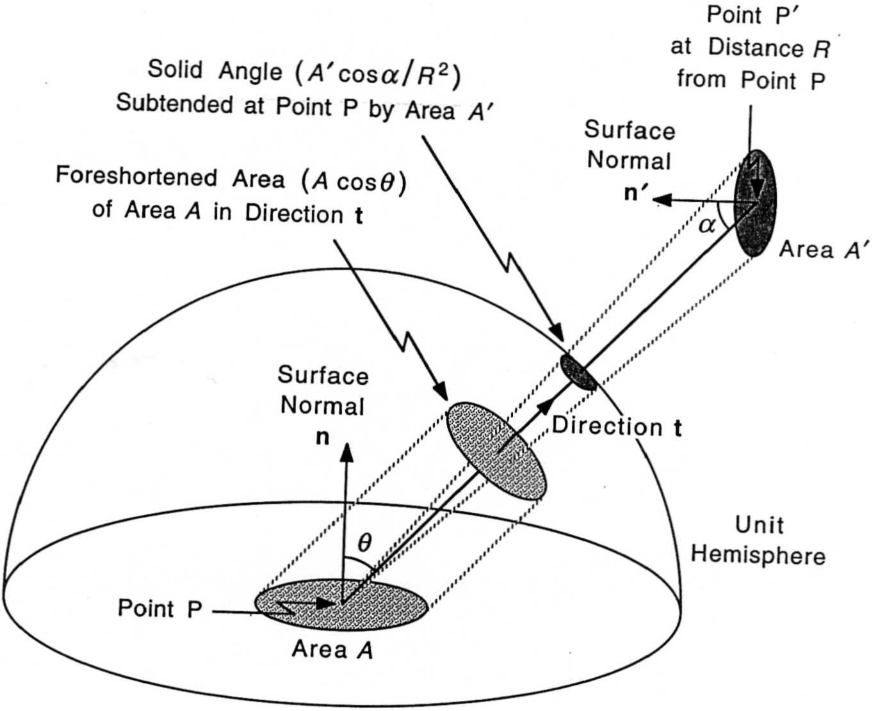
SENTIDO DIRETO: e.g., ESFERA DE RAIO R, CENTRO EM $(0,0,z_0)$, ILUMINADA DE $\hat{s} = (0,0,1)$

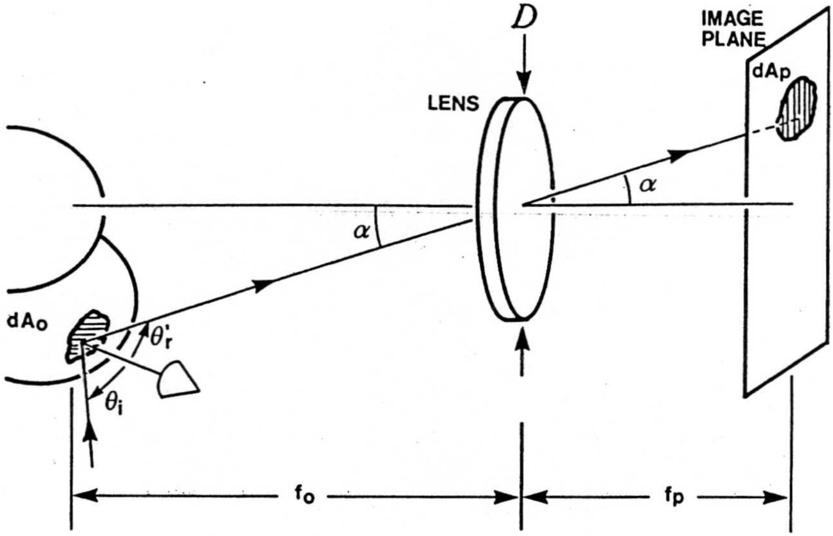
$z = z_0 + \sqrt{R^2 - (x^2+y^2)}$, PARA $x^2+y^2 \leq R^2$

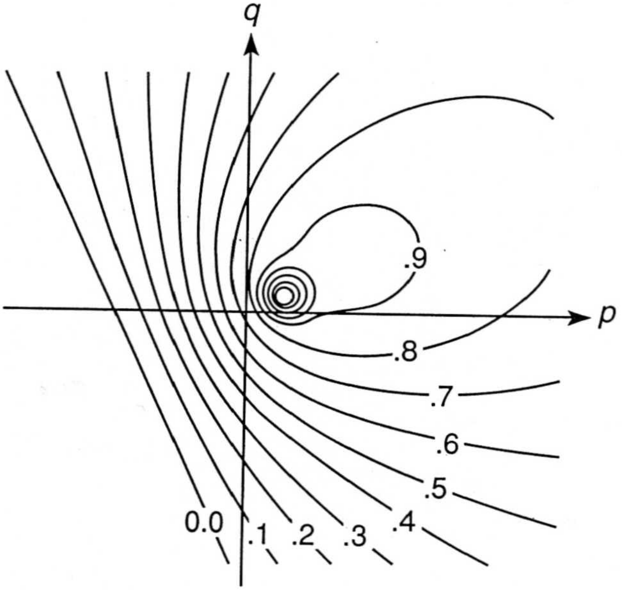
$p = \dfrac{-x}{z-z_0}$, $q = \dfrac{-y}{z-z_0}$

PARA MAPA LAMBERTIANO: $R(p,q) = \dfrac{1}{\sqrt{1+p^2+q^2}} = \dfrac{z-z_0}{R} = \sqrt{1 - \left(\dfrac{x^2+y^2}{R^2}\right)}$

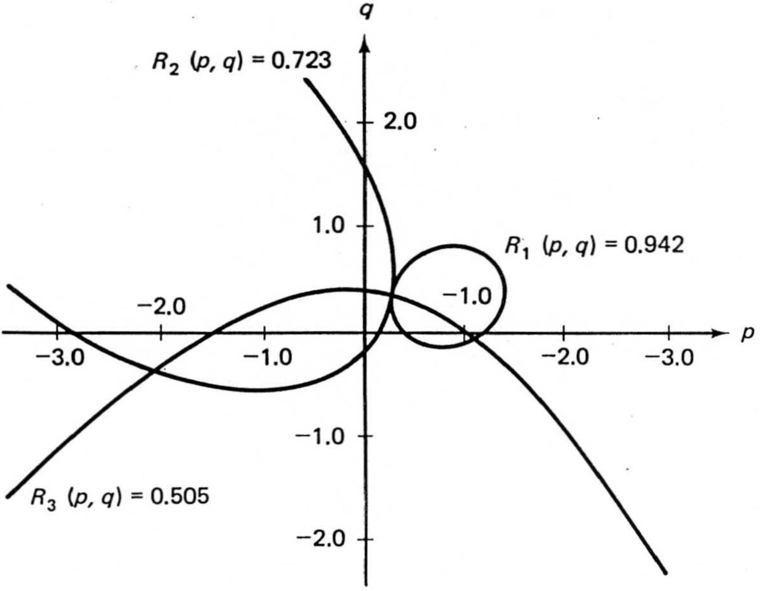
EQ. IRRADIÂNCIA DA IMAGEM: $I(x,y) = \sqrt{1 - \left(\dfrac{x^2+y^2}{R^2}\right)}$


Point P′
at Distance R
from Point P
Solid Angle (A′ cos α / R²)
Subtended at Point P by Area A′
Surface
Normal
n′
α
Area A′
Foreshortened Area (A cos θ)
of Area A in Direction t
Surface
Normal
n
Direction t
θ
Unit
Hemisphere
Point P
Area A


D
IMAGE
PLANE
dAp
LENS
α
α
dAo
θ'r
θi
fo
fp



q
p
.9
.8
.7
.6
.5
.4
0.0
.1
.2
.3



q
$R_2\ (p, q) = 0.723$
2.0
1.0
$R_1\ (p, q) = 0.942$
−1.0
−2.0
p
−3.0
−1.0
−2.0
−3.0
−1.0
$R_3\ (p, q) = 0.505$
−2.0