

---

## **Homework 2: Mapa de luz**

Fis. Computacional 2022-23 (P4)

Fernando Barão

24 de maio de 2023

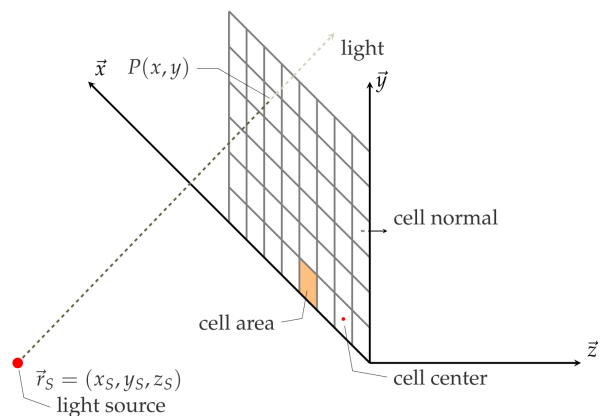


## Mapeamento da luz incidente numa superfície alvo

O projecto de iluminação de um espaço exige a simulação espacial das fontes de luz e das zonas receptoras. Simplificando o problema, uma etapa fundamental consiste no cálculo computacional do mapa de luz produzido por uma fonte pontual na superfície em estudo. Pode-se assim de seguida, e generalizando o problema, integrar sobre todas as fontes de luz existentes de forma a calcular o mapa de luz resultante das  $N$  fontes presentes.

### Fonte pontual isotrópica e superfície plana

Uma fonte de luz pontual encontra-se a uma distância  $d = 1$  metro de um plano de dimensões  $2 \times 3$  metros. O fluxo de energia por unidade de tempo, conhecido como **fluxo radiante**, emitido pela fonte ( $\Phi$ ) é de 100 Watts. Queremos produzir um mapa espacial que mostre a iluminação do plano.

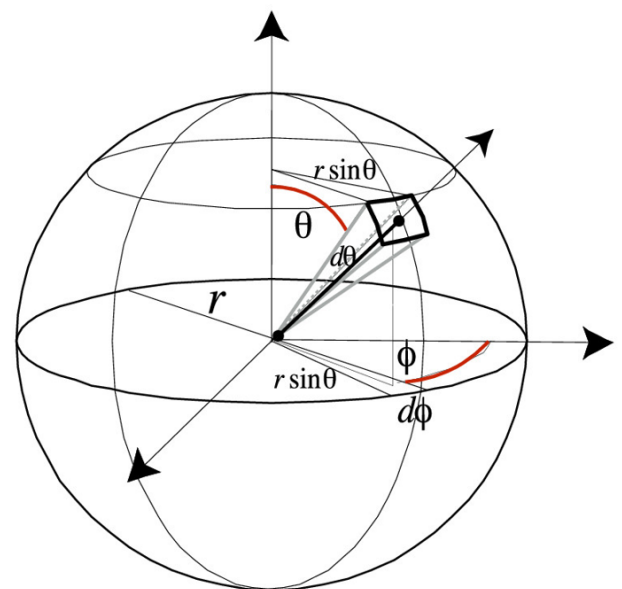


1. Determine a **Intensidade radiante**,  $I$ , da fonte,  $I \equiv \frac{d\Phi}{d\Omega}$ .

A intensidade radiante corresponde à potência emitida por unidade de ângulo sólido (estero-radianos). O ângulo sólido definido numa dada direcção  $\vec{r}$ , corresponde ao cone angular definido pelos ângulos  $d\theta$  e  $d\phi$ . Colocando a fonte no centro de uma esfera de raio  $R$ , o elemento de superfície  $dS$  definido pela intersecção do cone com a superfície esférica, é dado por:

$$dS = r^2 \sin \theta d\theta d\phi = r^2 d\Omega$$

$$\Rightarrow d\Omega = \frac{dS}{r^2}$$



2. O plano receptor de luz pode ser representado por uma grelha de células espaciais (discretização do plano), em que cada célula é definida pelo ponto seu ponto central, o vector normal à célula e a área da célula.

Na realização do problema utilize células quadradas com dimensões de  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ .

Definam uma estrutura `cell` para armazenar os dados das células.

```
struct cell {
    std::array<float,3> center_coo {0,0,100}; // cell center
    ↪ coordinates (cm)
    float area; // cell area (cm^2)
    float power; // cell incident power (W)
    (...)
};
```

Definam também uma estrutura que armazene a informação da fonte,

```
struct lightsource {
    std::array<float,3> coo; // source coordinates (cm)
    float power; // source power (W)
};
```

Implementem a seguinte classe `lightmap` para a resolução do problema:

```
class lightmap {
public:
    // constructors
    // ... number of cells along x and y and plane dimensions (size)

    lightmap() = default;
    lightmap(std::array<int,2> ncell, std::array<float,2> size);
    lightmap(lightsource S, std::array<int,2> ncell, std::array<float,2>
    ↪ size);

    // getters

    pair<int,int> GetCellIndex(float x, float y) const; // return cell
    ↪ indices
    pair<float,float> GetCellCoo(int index_x, int index_y) const; //
    ↪ return cell center coo

    double GetCellPower(int index_x, int index_y) const; // return cell
    ↪ power Watts
    double GetCellPower(float x, float y) const; // return cell power
    ↪ Watts

    int GetCellNx() const; // get number of cells along x
    int GetCellNy() const;

    const std::vector<std::vector<cell>>& GetCells() const; // return
    ↪ cells grid
```

```

std::vector<std::vector<cell>>& GetCells(); // return cells grid

std::array<float,3> GetNormal(); // return normal to plane

// other functions

void AddLightSource(lightsource S); // add sources

const cell& GetMaxCell() const; // get cell with max power

// (...) other methods you find useful: distance_to_cell(...), ...

private:

vector<vector<cell> > GRID; // cell grid

(...)

};

```

3. Determine a **Irradiância** ( $E$ ), que corresponde à potência por unidade de área recebida num ponto do plano receptor,  $E = \frac{d\Phi}{dA}$ , em que  $dA$  é o elemento de área associado ao plano receptor.

Passos necessários para fazer este cálculo:

- determine a distância ao ponto,  $r$

```

float distance2cell(std::array<float,3> SourceCoo,
    ↪ std::array<float,3> PointCoo);

```

- calcule o produto interno entre o vector direção fonte-ponto unitário  $\hat{r}$  e o vector normal ao plano  $\vec{n}$   
 $\cos \alpha = \hat{r} \cdot \vec{n}$
- calcule a Irradiância no ponto,

```

float Irradiance(std::array<float,3> PointCoo);

```

solução:  $\frac{d\Phi}{dA} = \frac{\Phi}{4\pi} \frac{\cos \alpha}{r^2}$

4. Determine a potência média recebida em cada célula, tendo em conta a irradiância anteriormente calculada e a área da célula ( $A_i$ ). Relembre que a potência recebida em cada célula é o integral da irradiância  $\frac{d\Phi}{dA}$  sobre a área da célula ( $P_{cell} = \int_{A_{cell}} \frac{d\Phi}{dA} dA$ ), que estimamos multiplicando a irradiância calculada no centro da célula pela sua área,

$$P_{cell} \simeq \left. \frac{d\Phi}{dA} \right|_{center} \cdot A_{cell}$$

- Elabore um método da classe que calcule a potência média em cada célula

```
float CellPower(const cell& C);
```

- Determine o mapa de iluminação do plano receptor preenchendo o membro `power` das células que compõem a grelha.

## 5. Biblioteca STL

Organizem as células num vector por ordem crescente da luminosidade.

Sugestão:

Utilizem a função `std::sort` da biblioteca STL

```
// copy GRID to a vector
vector<cell> vGRID;
(..)
// sorting with descending order using lambda function
std::sort(vGRID.begin(), vGRID.end(),
    [](const cell& a, const cell& b)->bool {
        (...);
    });
```

Determine o quociente entre a potência máxima e a potência da célula correspondente à mediana das potências.

Nota: a célula de potência mediana possuirá 50% de células com potência superior e inferior.

6. Obtenha num histograma bi-dimensional adaptado ao tamanho das células, a distribuição da potência incidente nas células. Salvem o gráfico num ficheiro cujo nome seja,

`FIG_LightMap_power.pdf`

7. Calculem agora a potência total incidente no plano. Afixem o resultado no ecrã.

8. Considerem agora a fonte a 25 cm do plano receptor. Estudem a variação da potência total fazendo variar o tamanho das células quadradas da grelha, usando os seguintes tamanhos: 20 cm, 12.5 cm, 6.25 cm, 4 cm, 2.5 cm, 2 cm, 1 cm. Realizem um gráfico com a potência total .versus. o tamanho das células. Salvem o gráfico num ficheiro cujo nome seja,

`FIG_LightMap_totalpower.pdf`