

Geometria Computacional

Círculos: definição

Prof. Edson Alves

Faculdade UnB Gama

1. Definição de círculo
2. Características do círculo

Definição de círculo

Definição

- Um círculo é o conjunto de pontos equidistantes de um ponto C

Definição

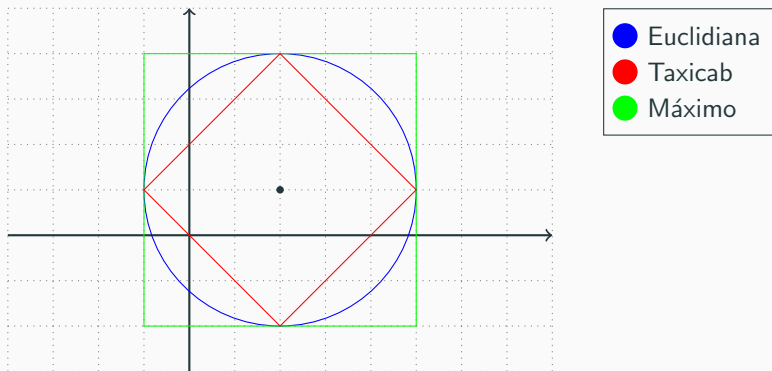
- Um círculo é o conjunto de pontos equidistantes de um ponto C
- A distância de um ponto do círculo ao seu centro C é denominada raio r

Definição

- Um círculo é o conjunto de pontos equidistantes de um ponto C
- A distância de um ponto do círculo ao seu centro C é denominada raio r
- Observe que a visualização do círculo depende da norma utilizada

Definição

- Um círculo é o conjunto de pontos equidistantes de um ponto C
- A distância de um ponto do círculo ao seu centro C é denominada raio r
- Observe que a visualização do círculo depende da norma utilizada
- A figura abaixo representa círculos com centro no ponto $(2, 1)$ e com raio $r = 3$



Representação de círculos

- Um círculo pode ser representado através do ponto C e do raio r

Representação de círculos

- Um círculo pode ser representado através do ponto C e do raio r
- A equação do círculo pode ser deduzida a partir da expressão $d(P, C) = r$, onde $P = (x, y)$ é um ponto do círculo, $C = (x_0, y_0)$ é o centro do círculo e r é o raio

Representação de círculos

- Um círculo pode ser representado através do ponto C e do raio r
- A equação do círculo pode ser deduzida a partir da expressão $d(P, C) = r$, onde $P = (x, y)$ é um ponto do círculo, $C = (x_0, y_0)$ é o centro do círculo e r é o raio
- A equação geral do círculo é dada por

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$

Representação de círculos

- Um círculo pode ser representado através do ponto C e do raio r
- A equação do círculo pode ser deduzida a partir da expressão $d(P, C) = r$, onde $P = (x, y)$ é um ponto do círculo, $C = (x_0, y_0)$ é o centro do círculo e r é o raio
- A equação geral do círculo é dada por

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$

- Esta equação é útil para resolver vários problemas envolvendo círculos, como o problema de determinar se um ponto está dentro, fora ou sobre um círculo

Representação de círculos

- Um círculo pode ser representado através do ponto C e do raio r
- A equação do círculo pode ser deduzida a partir da expressão $d(P, C) = r$, onde $P = (x, y)$ é um ponto do círculo, $C = (x_0, y_0)$ é o centro do círculo e r é o raio
- A equação geral do círculo é dada por

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$

- Esta equação é útil para resolver vários problemas envolvendo círculos, como o problema de determinar se um ponto está dentro, fora ou sobre um círculo

```
1 // Definição da classe Point
2
3 template<typename T>
4 struct Circle {
5     Point<T> C;
6     T r;
7 };
```

Características do círculo

A constante π

- Tanto o cálculo do perímetro quanto da área de um círculo envolvem o uso da constante π

A constante π

- Tanto o cálculo do perímetro quanto da área de um círculo envolvem o uso da constante π
- Caso o problema não informe o valor a ser utilizado, há três maneiras de proceder para determinar o valor desta constante

A constante π

- Tanto o cálculo do perímetro quanto da área de um círculo envolvem o uso da constante π
- Caso o problema não informe o valor a ser utilizado, há três maneiras de proceder para determinar o valor desta constante
- A primeira é utilizar o valor definido na linguagem Python, que pode ser obtido com o script abaixo:

```
1 from math import *  
2 print pi
```


A constante π

- Tanto o cálculo do perímetro quanto da área de um círculo envolvem o uso da constante π
- Caso o problema não informe o valor a ser utilizado, há três maneiras de proceder para determinar o valor desta constante
- A primeira é utilizar o valor definido na linguagem Python, que pode ser obtido com o script abaixo:

```
1 from math import *  
2 print pi
```

- O valor resultante, 3.141592653589793, está correto nas suas 15 casas decimais

A constante π

- Tanto o cálculo do perímetro quanto da área de um círculo envolvem o uso da constante π
- Caso o problema não informe o valor a ser utilizado, há três maneiras de proceder para determinar o valor desta constante
- A primeira é utilizar o valor definido na linguagem Python, que pode ser obtido com o script abaixo:

```
1 from math import *  
2 print pi
```

- O valor resultante, 3.141592653589793, está correto nas suas 15 casas decimais
- A segunda forma é utilizar a expressão `acos(-1.0)` em C/C++

A constante π

- Tanto o cálculo do perímetro quanto da área de um círculo envolvem o uso da constante π
- Caso o problema não informe o valor a ser utilizado, há três maneiras de proceder para determinar o valor desta constante
- A primeira é utilizar o valor definido na linguagem Python, que pode ser obtido com o script abaixo:

```
1 from math import *  
2 print pi
```

- O valor resultante, 3.141592653589793, está correto nas suas 15 casas decimais
- A segunda forma é utilizar a expressão `acos(-1.0)` em C/C++
- A terceira é usar a macro `M_PI` da biblioteca de matemática padrão do C/C++

Perímetro do círculo

- O perímetro (circunferência) C de um círculo corresponde ao comprimento do contorno do círculo

Perímetro do círculo

- O perímetro (circunferência) C de um círculo corresponde ao comprimento do contorno do círculo
- Este valor pode ser computado como o perímetro de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r (distância do centro a um dos vértices do polígono), quando n tende a infinito

Perímetro do círculo

- O perímetro (circunferência) C de um círculo corresponde ao comprimento do contorno do círculo
- Este valor pode ser computado como o perímetro de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r (distância do centro a um dos vértices do polígono), quando n tende a infinito
- O lado L de tal polígono e o raio se relacionam de modo que

$$\sin \frac{\pi}{n} = \frac{L/2}{r}$$

Perímetro do círculo

- O perímetro (circunferência) C de um círculo corresponde ao comprimento do contorno do círculo
- Este valor pode ser computado como o perímetro de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r (distância do centro a um dos vértices do polígono), quando n tende a infinito
- O lado L de tal polígono e o raio se relacionam de modo que

$$\sin \frac{\pi}{n} = \frac{L/2}{r}$$

- Assim,

$$C = \lim_{n \rightarrow \infty} nL = \lim_{n \rightarrow \infty} n \left(2r \sin \frac{\pi}{n} \right) = 2r \left(\lim_{n \rightarrow \infty} n \sin \frac{\pi}{n} \right) = 2\pi r$$

Implementação do perímetro em C/C++

```
1 // Definição do valor de PI
2
3 template<typename T>
4 struct Circle
5 {
6     // Membros e construtores
7
8     double perimeter() const
9     {
10         return 2.0 * PI * r;
11     }
12 };
```


Área do círculo

- De modo semelhante, a área A de um círculo pode ser aproximada pela área de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r quando n tende ao infinito

Área do círculo

- De modo semelhante, a área A de um círculo pode ser aproximada pela área de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r quando n tende ao infinito
- A base de cada triângulo interno é igual a L

Área do círculo

- De modo semelhante, a área A de um círculo pode ser aproximada pela área de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r quando n tende ao infinito
- A base de cada triângulo interno é igual a L
- A altura é a apótema a , onde

$$\cos \frac{\pi}{n} = \frac{a}{r}$$

Área do círculo

- De modo semelhante, a área A de um círculo pode ser aproximada pela área de um polígono regular de n lados e raio circunscrito r quando n tende ao infinito
- A base de cada triângulo interno é igual a L
- A altura é a apótema a , onde

$$\cos \frac{\pi}{n} = \frac{a}{r}$$

- Assim,

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} n \left(\frac{La}{2} \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} n \left(r \sin \frac{\pi}{n} \right) \left(r \cos \frac{\pi}{n} \right),$$

isto é,

$$A = r^2 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} n \sin \frac{\pi}{n} \cos \frac{\pi}{n} \right) = r^2 \lim_{n \rightarrow \infty} n \left(\frac{\sin \frac{2\pi}{n}}{2} \right) = \pi r^2$$

Implementação da área do círculo em C++

```
1 // Definição do valor de PI
2
3 template<typename T>
4 struct Circle
5 {
6     // Membros e construtores
7
8     double area() const
9     {
10         return PI * r * r;
11     }
12 };
```

- Um arco de um círculo corresponde a uma seção conectada da circunferência

Arcos

- Um arco de um círculo corresponde a uma seção conectada da circunferência
- O comprimento do arco pode ser determinado através do ângulo central θ , definido pelos vetores gerados pela união de cada um dos pontos extremos do arco com o centro do círculo

Arcos

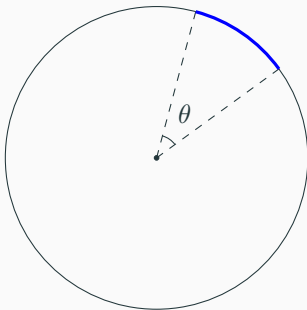
- Um arco de um círculo corresponde a uma seção conectada da circunferência
- O comprimento do arco pode ser determinado através do ângulo central θ , definido pelos vetores gerados pela união de cada um dos pontos extremos do arco com o centro do círculo
- Um ângulo de 2π gera um arco igual a circunferência, isto é, $2\pi r$

Arcos

- Um arco de um círculo corresponde a uma seção conectada da circunferência
- O comprimento do arco pode ser determinado através do ângulo central θ , definido pelos vetores gerados pela união de cada um dos pontos extremos do arco com o centro do círculo
- Um ângulo de 2π gera um arco igual a circunferência, isto é, $2\pi r$
- Usando a proporcionalidade e a regra de três, um ângulo θ corresponde a um arco igual a θr

Arcos

- Um arco de um círculo corresponde a uma seção conectada da circunferência
- O comprimento do arco pode ser determinado através do ângulo central θ , definido pelos vetores gerados pela união de cada um dos pontos extremos do arco com o centro do círculo
- Um ângulo de 2π gera um arco igual a circunferência, isto é, $2\pi r$
- Usando a proporcionalidade e a regra de três, um ângulo θ corresponde a um arco igual a θr



Implementação do arco de um círculo em C/C++

```
1 template<typename T>
2 struct Circle
3 {
4     // Membros e construtores
5
6     // A unidade de medida do theta é radianos
7     double arc(double theta) const
8     {
9         return theta * r;
10    }
11 };
```

Corda de um círculo

- Uma corda corresponde a qualquer segmento de reta cujos pontos extremos estão sob o círculo

Corda de um círculo

- Uma corda corresponde a qualquer segmento de reta cujos pontos extremos estão sob o círculo
- O diâmetro é a maior dentre todas as cordas possíveis de um círculo, e tem comprimento $d = 2r$

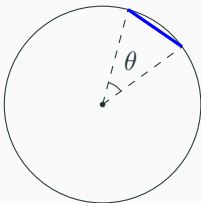
Corda de um círculo

- Uma corda corresponde a qualquer segmento de reta cujos pontos extremos estão sob o círculo
- O diâmetro é a maior dentre todas as cordas possíveis de um círculo, e tem comprimento $d = 2r$
- Conhecidos o raio r e o ângulo central θ do arco definido pela corda, o comprimento L da corda pode ser determinado através da Lei dos Cossenos

$$L = \sqrt{2r^2(1 - \cos \theta)}$$

ou pela Trigonometria

$$L = 2r \sin(\theta/2)$$



Implementação do comprimento de uma corda de um círculo em C/C++

```
1
2 template<typename T>
3 struct Circle
4 {
5     // Membros e construtores
6
7     // A unidade de medida do theta é radianos
8     double chord(double theta) const
9     {
10         return 2 * r * sin(theta/2);
11     }
12 };
```

- Um setor de um círculo é a área delimitada por um arco cujo ângulo central é θ

Setores

- Um setor de um círculo é a área delimitada por um arco cujo ângulo central é θ
- Assim como no caso do arco, a área do setor será a fração da área total correspondente ao ângulo central θ do arco que delimita o setor

Setores

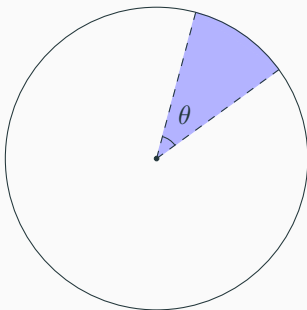
- Um setor de um círculo é a área delimitada por um arco cujo ângulo central é θ
- Assim como no caso do arco, a área do setor será a fração da área total correspondente ao ângulo central θ do arco que delimita o setor
- Assim, a área S do setor é dada por

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

Setores

- Um setor de um círculo é a área delimitada por um arco cujo ângulo central é θ
- Assim como no caso do arco, a área do setor será a fração da área total correspondente ao ângulo central θ do arco que delimita o setor
- Assim, a área S do setor é dada por

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



Implementação do setor de um círculo em C++

```
1 template<typename T>
2 struct Circle
3 {
4     // Membros e construtores
5
6     // A unidade de medida do theta é radianos
7     double sector(double theta) const
8     {
9         return (theta * r * r)/2;
10    }
11 };
```

Segmento

- Um segmento de um círculo associado a um ângulo central θ corresponde à área resultante da diferença entre o setor delimitado por θ e do triângulo resultante dos segmentos de reta que unem os extremos dos arcos ao centro do círculo e os extremos entre si (a corda)

- Um segmento de um círculo associado a um ângulo central θ corresponde à área resultante da diferença entre o setor delimitado por θ e do triângulo resultante dos segmentos de reta que unem os extremos dos arcos ao centro do círculo e os extremos entre si (a corda)
- A área T deste triângulo pode ser determinada pela Fórmula de Heron

$$T = \sqrt{s(s-r)(s-r)(s-c)},$$

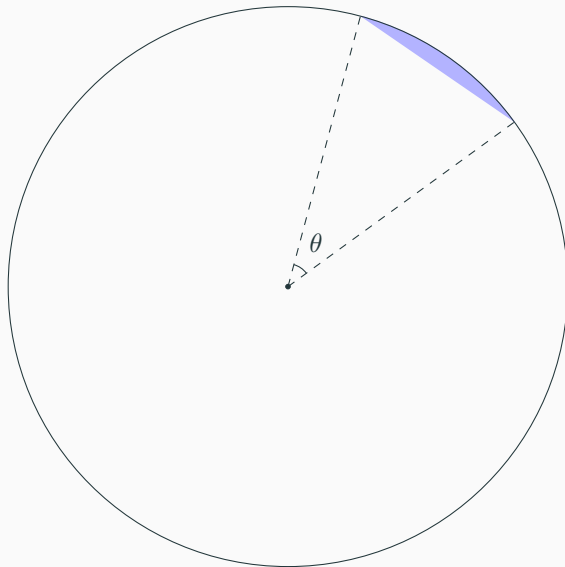
onde s é o semiperímetro, dado por

$$s = \frac{2r + c}{2}$$

e c o comprimento da corda, isto é

$$c = 2r \sin(\theta/2)$$

Visualização do segmento de um círculo



Implementação do segmento de um círculo em C/C++

```
1
2 template<typename T>
3 struct Circle
4 {
5     // Membros e construtores
6
7     // Método sector()
8
9     // A unidade de medida do theta é radianos
10    double segment(double a) const
11    {
12        auto c = chord(a);
13        auto s = (r + r + c)/2.0;           // Semiperímetro
14        auto T = sqrt(s)*sqrt(s - r)*sqrt(s - r)*sqrt(s - c); // Área do triângulo
15
16        return sector(a) - T;
17    }
18 };
```


1. **HALIM**, Felix; **HALIM**, Steve. *Competitive Programming 3*, 2010.
2. **LAAKSONEN**, Antti. *Competitive Programmer's Handbook*, 2018.
3. **De BERG**, Mark; **CHEONG**, Otfried. *Computational Geometry: Algorithms and Applications*, 2008.