

ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS 2023/2024 RECURSIVIDADE

Armanda Rodrigues

4 de outubro de 2023

Introduzir a ideia de recursividade...



Tokyo Skytree – A mais alta torre do mundo ...



Subir uma torre com 2523 degraus

- Temos de subir ao topo de uma torre com 2523 degraus
- Como avançar com esta tarefa?
- Uma tarefa comprida como esta começa com um passo: Saber como reduzir a dimensão do problema
- Queremos subir ao topo da torre (2523 degraus). Se subirmos um degrau, o problema torna-se um pouco menor
- Claro que agora temos de reduzir a dimensão do novo problema, subindo um novo degrau
- Ao fim de algum tempo, a dimensão do problema estará de tal forma reduzida, que poderemos terminar a tarefa subindo o último degrau.



Resolver um problema de forma recursiva

- Nós sabemos como subir ao cimo da torre. Podemos descrever o processo como “subir degraus até chegarmos ao cimo”.
- Vamos descrever a solução com mais detalhe:
 - Se falta subir um degrau, subir o degrau e terminou
 - Se falta subir N degraus (sendo $N \leq 2523$), dividir a tarefa remanescente em duas partes:
 - Subir um degrau
 - Subir $N-1$ degraus (equivalente a **subir ao topo de uma torre com $N-1$ degraus**)
- Esta é a forma recursiva de descrever a solução do problema

Os dois componentes da Recursividade

- A recursividade tem duas partes:
 - Se o problema é simples (ou fácil, ou básico), resolve-se imediatamente
 - Se o problema não pode ser resolvido imediatamente, então divide-se em problemas de dimensão menor e depois:
 - Aplique-se o mesmo procedimento aos problemas menores
- A estratégia é encontrar uma acção fácil de aplicar que divida o problema em problemas menores
 - Alguns destes problemas menores podem ser resolvidos imediatamente – são básicos
 - Outros irão ser, também eles, divididos em problemas de menor dimensão

Dividir uma linha em 16 segmentos iguais...



- Pretendemos dividir uma linha em 16 partes iguais
- Qual é a primeira coisa a fazer ?



- Temos agora 2 partes (segmentos), cada um com metade do comprimento original
- O problema converteu-se em “dividir cada um dos segmentos em 8 partes iguais”
- Como resolver os problemas menores ?

Aplicando-lhes o mesmo processo

Dividir uma linha em 16 segmentos iguais...



- Dividimos cada um dos segmentos ao meio (resultam 4 partes iguais)
- Voltamos a aplicar o processo aos 4 segmentos



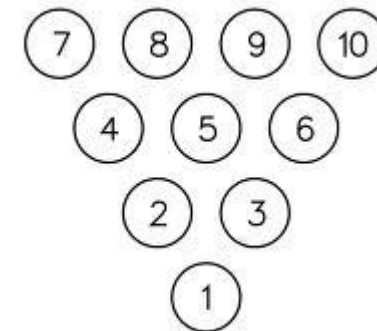
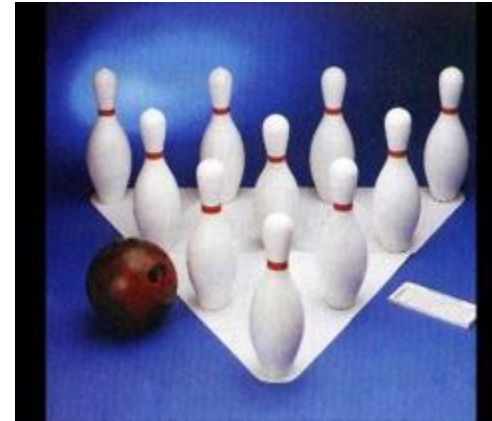
- Ficamos com 8, e voltamos a aplicar



- E ficamos com 16...

Números Triangulares

- Se adicionássemos uma linha ao arranjo, quantos pinos teria?
- Em 4 linhas, temos 10 pinos
- Quantos pinos teríamos em 5 linhas?
- Ao número total de pinos num arranjo triangular chamamos um **Número Triangular**
- O número total de pinos num arranjo triangular de 5 linhas é a soma de 5 com o número de pinos num arranjo triangular de 4 linhas



$$\text{triangle}(5) = 5 + \text{triangle}(4)$$

Números Triangulares

- Quanto é `triangle(10)`?

Número Total de pinos em 10 linhas = Número de pinos na 10ª linha +
Número Total de pinos em 9 linhas

Ou seja, podemos escrever a seguinte fórmula:

$$\text{triangle}(N) = N + \text{triangle}(N-1)$$

Números Triangulares

- Quanto é `triangle(10)`?

Número Total de pinos em 10 linhas = Número de pinos na 10ª linha +
Número Total de pinos em 9 linhas

Números Triangulares

- Quanto é `triangle(10)`?

Número Total de pinos em 10 linhas = Número de pinos na 10ª linha +
(Número de pinos na 9ª linha +
Número Total de pinos em 8 linhas)

Números Triangulares

- Quanto é `triangle(10)`?

Número Total de pinos em 10 linhas = Número de pinos na 10ª linha +
Número de pinos na 9ª linha +
(Número de pinos na 8ª linha +
Número Total de pinos em 7 linhas)

Números Triangulares

- Quanto é `triangle(10)`?

Número Total de pinos em 10 linhas = Número de pinos na 10ª linha +
Número de pinos na 9ª linha +
Número de pinos na 8ª linha +
... +
... +
Número de pinos na 1ª linha

Número de pinos na 1ª linha = 1

Isto é o que chamamos o **Caso Base**

Caso Base

Número de pinos na 1ª linha = 1

- O caso base é um problema que pode ser resolvido imediatamente
- As duas partes da recursividade:
 - Se o problema é simples, resolve-se imediatamente – Este é o Caso Base
 - Se o problema não pode ser resolvido imediatamente, divida-se em problemas de dimensão menor e depois:
 - Aplique-se o mesmo procedimento aos problemas menores

```
triangle(1) = 1  
triangle(N) = N + triangle(N-1)
```

Números Triangulares em Java

```
public static int triangle( int n )  
{  
    if ( n == 1 )  
        return 1;  
    else  
        return n + triangle( n-1 );  
}
```

Caso Base

Problema de
dimensão menor

Visão estática da recursividade

```
triangle(1) = 1  
triangle(N) = N + triangle(N-1)
```



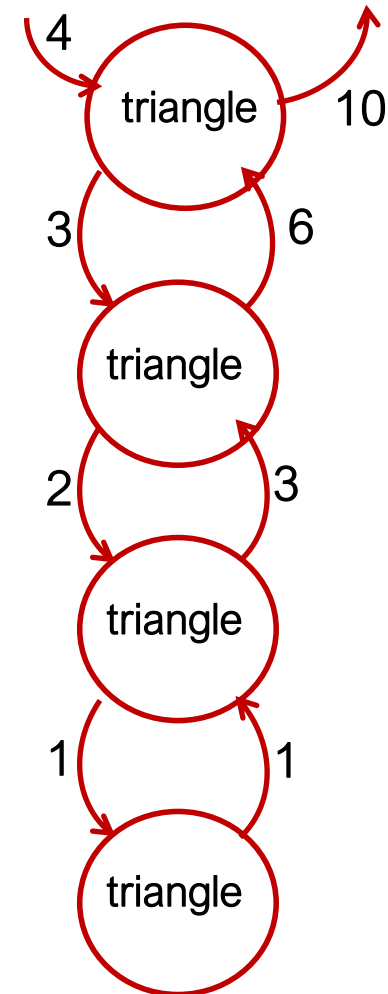
Os símbolos da definição são reorganizados e a sintaxe necessária é adicionada

```
public static int triangle( int n )  
{  
    if ( n == 1 )  
        return 1;  
    else  
        return n + triangle( n-1 );  
}
```

Visão Dinâmica da recursividade

```
public static int triangle( int n )  
{  
    if ( n == 1 )  
        return 1;  
    else  
        return n + triangle( n-1 );  
}
```

Vamos correr `triangle(4)`:
Que vai chamar `triangle(3)`
Que vai chamar `triangle(2)`
Que vai chamar `triangle(1)`
`triangle(1)` devolve 1 e termina
`triangle(2)` devolve 3 e termina
`triangle(3)` devolve 6 e termina
`triangle(4)` devolve 10 e termina



Erros comuns

```
static int triangle( int n ) {  
    return n + triangle( n-1 );  
}
```

vai entrar em loop infinito pois não existe caso base

Qual o problema com esta versão de triangle ?

1. Na perspectiva estática – não tem caso base
2. Na perspectiva dinâmica – o método faz sempre uma chamada recursiva, a cadeia de ativações está sempre a crescer

Vantagens da recursividade

- A recursividade é útil porque existem problemas que são naturalmente recursivos
- Neste caso, o que temos que fazer é transformar a sua descrição em código Java
- É sempre possível transformar um método recursivo num iterativo e vice-versa. Mas pode não ser natural ou fácil.
- Geralmente, o método recursivo ocupa mais memória do que o iterativo, devido a necessidade de guardar todas as ativações do método
- A utilização de recursividade não traz mais poder ao Java
- A maior parte das linguagens modernas permitem recursividade e iteratividade porque é conveniente.

Função Soma de um vetor recursiva

```
public static int arraySum(int[] n){  
    return arraySum(n, 0);  
}
```

Método público que permite fazer a 1ª chamada recursiva, definindo o problema completo

```
protected static int arraySum(int n[], int pos){
```

```
    if (pos==n.length) Caso Base
```

```
        return 0;
```

```
    else return n[pos]+arraySum(n,++pos);
```

Problema menor: É a forma como é feita a chamada recursiva que permite diminuir o problema

```
}
```

Pesquisa Binária Recursiva

- Pensemos num vetor ordenado de números inteiros
- Podemos então executar sobre o vetor um algoritmo de pesquisa binária
- Vamos ver uma versão recursiva deste algoritmo
- A solução é apresentada como um método estático que efetua a pesquisa binária de um valor sobre um vetor de inteiros já ordenado, que é passado como parâmetro

Pesquisa Binária recursiva em vetor de inteiros

```
public static int binarySearch(int[] v, int aim){
    return binarySearch(v, aim, 0, v.length-1);
}
```

Método público que faz a primeira chamada ao método recursivo

```
protected static int binarySearch(int[] v, int aim,
                                   int low, int high){
```

```
    int mid;
    int current;
```

```
    if ( low > high )
        return -1;
```

Caso Base
sem sucesso

```
    else {
```

```
        mid = ( low + high ) / 2;
        current = v[mid];
```

```
        if ( aim == current )
            return mid;
```

Caso Base c/
sucesso

```
        else if ( aim < current )
```

```
            return binarySearch(v, aim , low, mid-1);
```

```
        else return binarySearch(v, aim, mid+1, high);
```

```
    }
```

```
}
```

Cada uma destas chamadas divide o espaço de pesquisa ao meio

Função de Fibonacci – mais um exemplo

- A função de Fibonacci modela o crescimento de comunidades de coelhos
- A função Matemática é a seguinte:



$$Fibonacci(n) = \begin{cases} 0, & n = 0; \\ 1, & n = 1; \\ Fibonacci(n-1) + Fibonacci(n-2), & n \geq 2. \end{cases}$$

Fibonacci – Método Recursivo

//Requires: $n \geq 0$

```
public static long fibonacciRec( int n ){
```

```
    if ( n == 0 )  
        return 0;
```

Caso Base

```
    else if ( n == 1 )  
        return 1;
```

Caso Base

```
    else
```

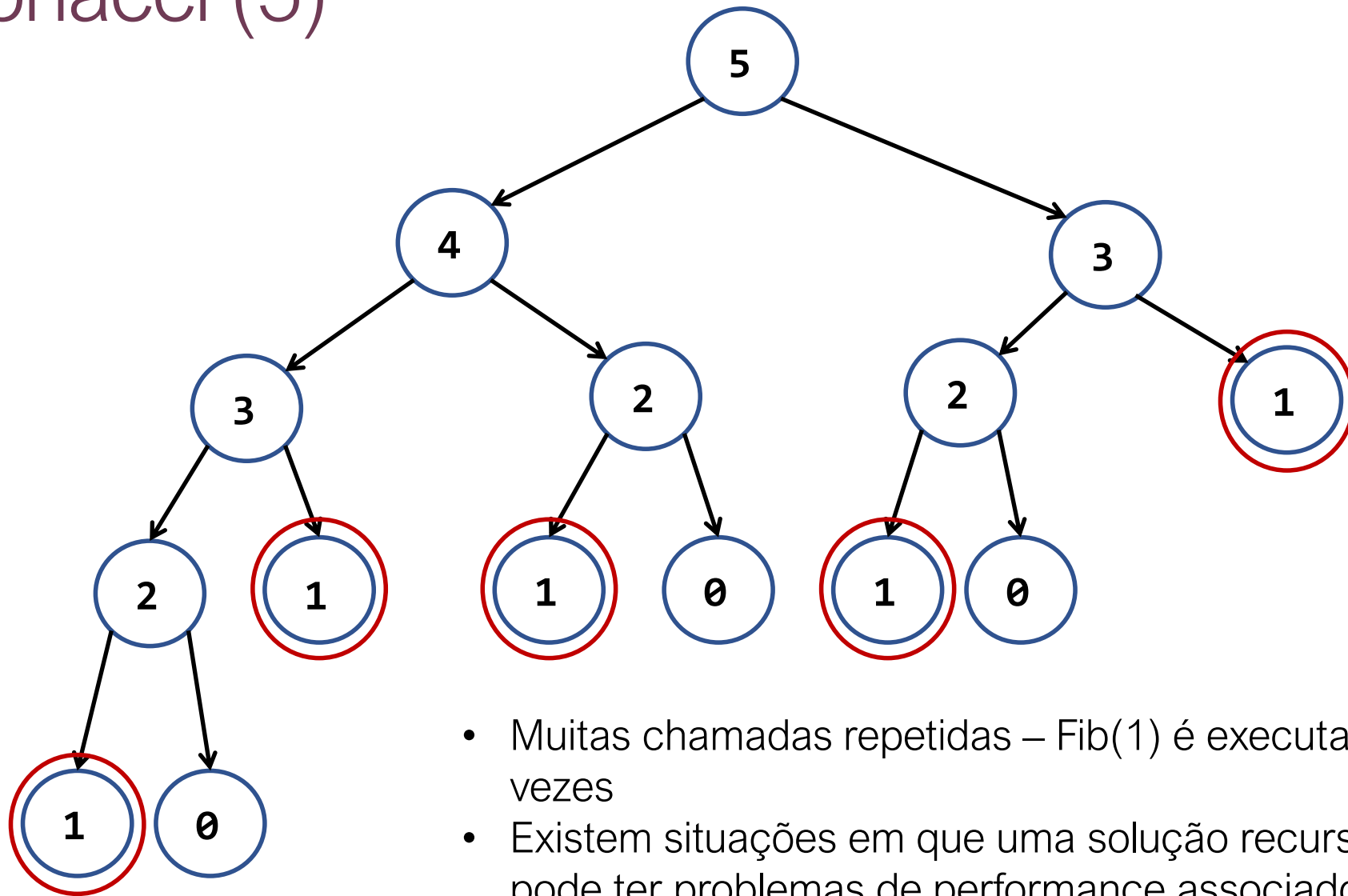
```
        return fibonacciRec(n - 1) + fibonacciRec(n - 2);
```

```
}
```

Problemas de menor dimensão

Qual o problema com este método ?

Fibonacci (5)



- Muitas chamadas repetidas – Fib(1) é executado 5 vezes
- Existem situações em que uma solução recursiva pode ter problemas de performance associados