# Algoritmos de Pesquisa

Prof. Jefferson T. Oliva

Algoritmos e Estrutura de Dados I (AE22CP)
Engenharia de Computação
Departamento Acadêmico de Informática (Dainf)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campus Pato Branco

DAINF
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
CÂMPUS PATO BRANCO

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Sumário

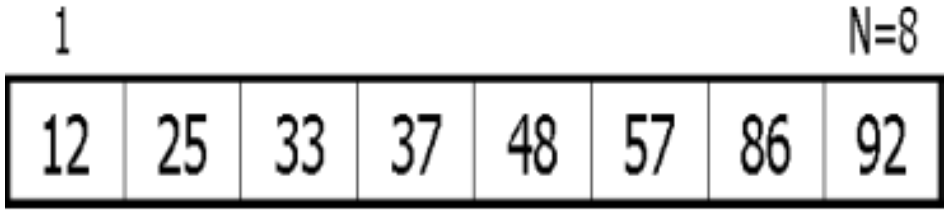
# Sumário

# Busca Binária

- Os dados devem estar ordenados em um arranjo
- A busca começa no meio da tabela
  - Se igual, busca bem-sucedida
  - Se menor, busca-se na metade inferior do arranjo
  - Se maior, busca-se na metade superior do arranjo
- Em cada passo, o tamanho do arranjo em que se busca é dividido por 2

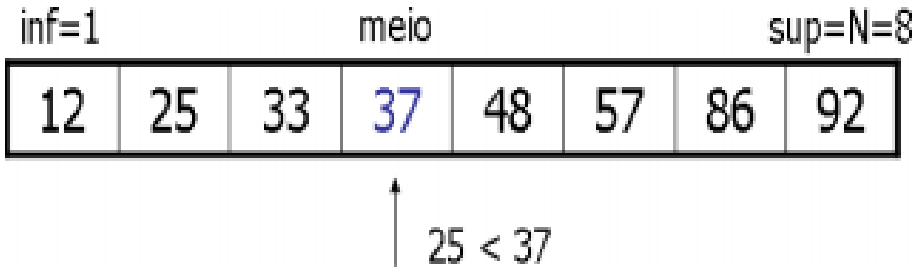
# Busca Binária

- Exemplo: busca pelo elemento 25



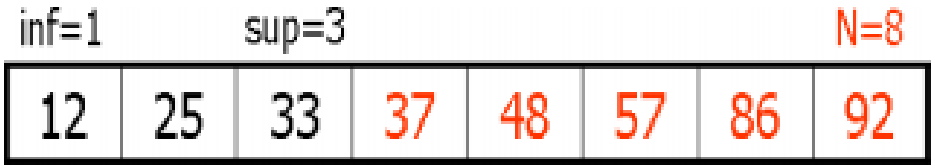
# Busca Binária

- Exemplo: busca pelo elemento 25



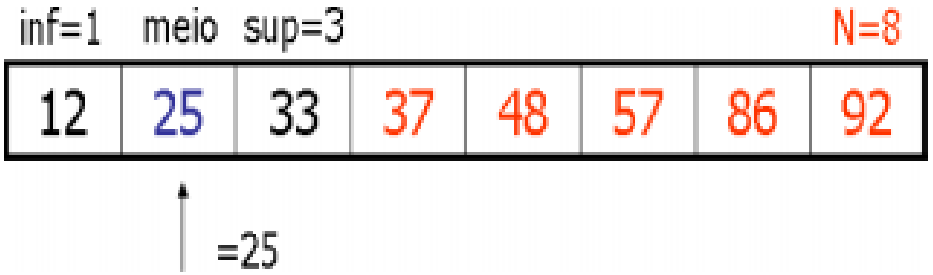
# Busca Binária

- Exemplo: busca pelo elemento 25



# Busca Binária

- Exemplo: busca pelo elemento 25



# Busca Binária

- Implementação recursiva da pesquisa binária

```
static int busca_bin(int x, int v[], int ini, int fim){
    int meio;

    if ((ini == fim) && (x == v[ini]))
       return ini;
    else if (ini < fim){
       meio = (ini + fim) / 2;

       if (x == v[meio])
         return meio;
       else if (x < v[meio])
         return busca_bin(x, v, ini, meio - 1);
       else
         return busca_bin(x, v, meio + 1, fim);
    }else
       return -1;
}

int busca_binaria(int x, int v[], int n){
    return busca_bin(v, 0, n - 1);
}
```

# Busca Binária

- Complexidade: $O(\log n)$
  - Em cada comparação, o número de candidatos é dividido pela metade
- Vantagens
  - Eficiência da busca
  - Fácil implementação
- Desvantagens
  - Nem todo arranjo está ordenado
  - Exige o uso de um arranjo para armazenar os dados
  - Não é possível implementar busca binária em lista encadeada, pois nessa estrutura não possui acesso por meio de índices
    - Alternativa: usar árvore binária de busca

# Busca Binária

- A busca binária pode ser usada com a organização de tabela sequencial indexada
  - Em vez de pesquisar o índice sequencialmente, pode-se usar uma busca binária

- Exercício: implementar a versão iterativa do método de busca binária.

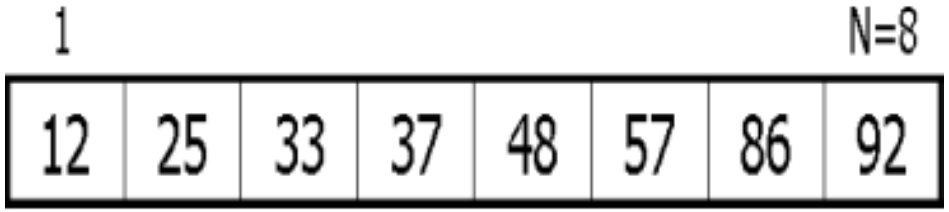
# Sumário

# Busca por Interpolação

- Derivação da busca binária
- Se as chaves estiverem uniformemente distribuídas, a busca por interpolação pode ainda mais eficiente que a busca binária
- Com chaves uniformemente distribuídas, pode-se esperar que $x$ esteja aproximadamente na posição
  - $meio = ini + (fim - ini) * \left( \frac{x - v[ini]}{v[fim] - v[ini]} \right)$
- *ini* e *fim* são redefinidos da mesma forma em relação à busca binária

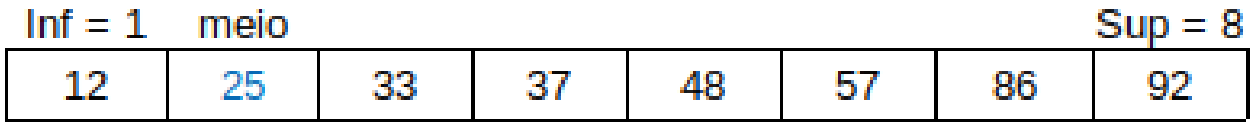
# Busca por Interpolação

- Exemplo: busca pelo elemento 25



# Busca por Interpolação

- Exemplo: busca pelo elemento 25




meio = 1 + (8 - 1) * ((25 - 12)/(92-12)) = 2

# Busca por Interpolação

- Implementação recursiva da pesquisa por interpolação

```
static int busca_int(int x, int v[], int ini, int fim){
    int meio;

    if ((ini == fim) && (x == v[ini]))
       return ini;
    else if (ini < fim){
       meio = ini + (fim - ini) * (x - v[ini]) / (v[fim] - v[ini])

       if (x == v[meio])
         return meio;
       else if (x < v[meio])
         return busca_int(x, v, ini, meio - 1);
       else
         return busca_int(x, v, meio + 1, fim);
    }else
       return -1;
}

int busca_interpolacao(int x, int v[], int n){
    return busca_int(v, 0, n - 1);
}
```

# Busca por Interpolação

- Complexidade
  - Para chaves uniformemente distribuídas, raramente precisará mais que $\log(\log n)$ comparações
    - Logo, a complexidade será de $O(\log(\log n))$
  - Se as chaves não estiverem uniformemente distribuídas, a busca por interpolação pode ser tão ruim quanto uma busca sequencial, ou seja, ter o custo de $O(n)$
    - Experimente aplicar o algoritmo de busca por interpolação para tentar encontrar a chave 92 no seguinte conjunto: {12, 25, 33, 37, 48, 57, 86, 1000000}
- Desvantagem: em situações práticas, as chaves tendem a se aglomerar em torno de determinados valores e não são uniformemente distribuídas
  - Exemplo: há uma quantidade maior de nomes começando com "S" do que com "Q"

# Sumário

# Árvores de Busca

- **Nota: árvore é tema da disciplina "Algoritmos e Estrutura de Dados 2 (AE23CP)"**

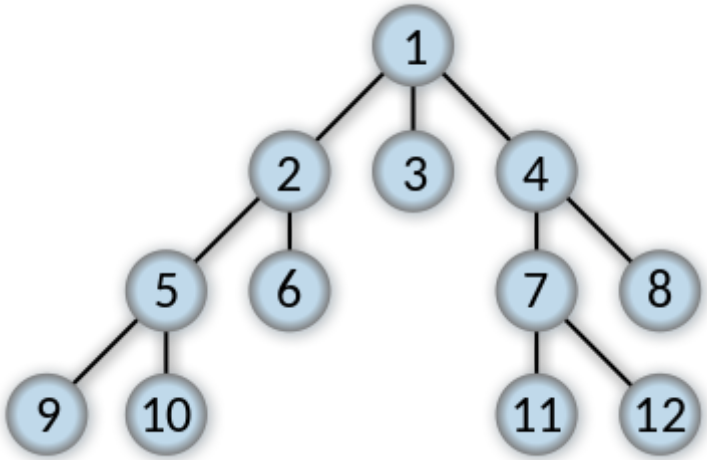
- Árvore é uma estrutura de dados muito eficiente para armazenamento de informação (incluindo as que devem ser organizadas de forma hierárquica)

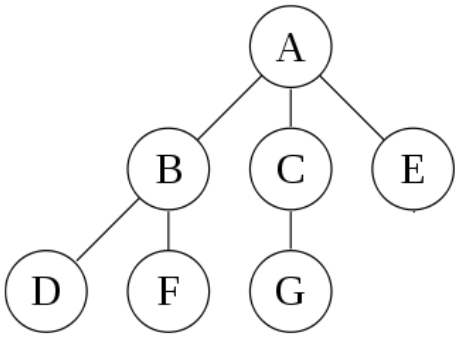
- Estrutura de dados não linear

- Aplicações
  - Sistemas de arquivos, processamento de língua natural, inteligência artificial, etc

# Árvores de Busca

- Árvore
  - Conjunto finito de nós
    - Existe um nó raiz *r* com zero ou mais sub-árvores
    - Os nós internos são filhos de *r*
    - Cada sub-árvore também possui um nó raiz, que é descendente (nó filho) de *r*
    - Nós folhas são os nós que não possuem filhos

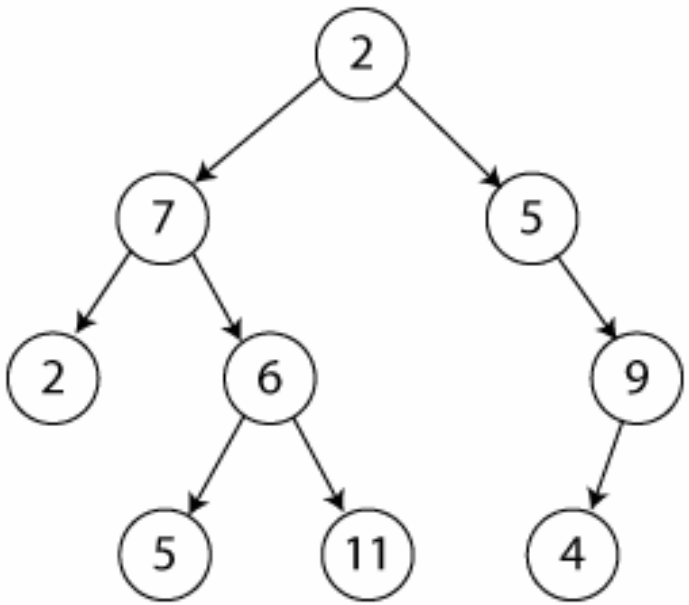


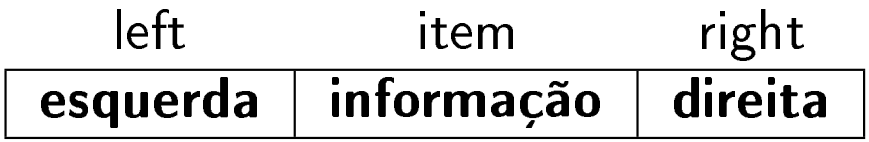
# Árvores de Busca

- Tipos de árvores
  - Árvore binária
  - Árvore binária de busca
  - AVL
  - Árvore trie
  - Árvore PATRICIA
  - Árvore vermelha-preta (rubro-negra)
  - Árvore B
  - Etc.

- Árvore binária
  - Árvore em que cada nó contém um ou dois filhos
  - As sub-árvores também contém entre um e dois nós, exceto se são nós-folhas



- Árvore binária
  - Podemos representar uma árvore por meio de um registro (*struct*) de três campos:
    - Informação
    - Sub-árvore esquerda
    - Sub-árvore direita

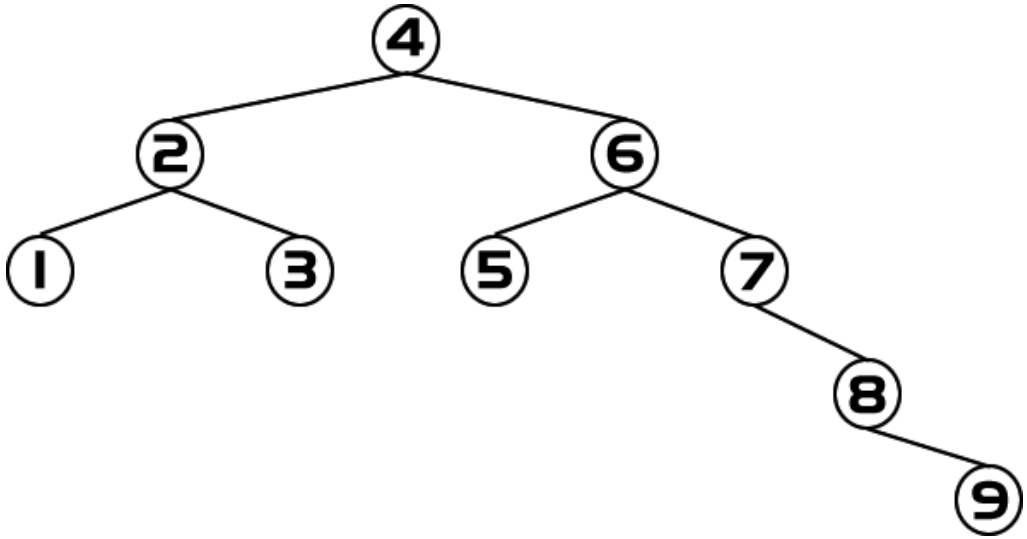


- Estrutura de dados para a representação de uma árvore binária:

```
typedef struct Node Node;

struct Node{
   int item;
   Node *right;
   Node *left;
};
```

- Árvore binária de busca é uma árvore binária com propriedades de ordenação
  - Todos os nós com chaves menores que a da raiz ficam do lado esquerdo
  - Todos os nós com chaves maiores que a da raiz ficam do lado direito



- Principais operações em uma árvore binária de busca:
  - Pesquisa
  - Inserção
  - Remoção

- A busca é iniciada pela raiz da árvore
  - Caso o valor seja encontrado, o nó é retornado
  - Caso contrário:
    - É realizada uma chamada recursiva para a sub-árvore esquerda se o valor procurado é menor que o item verificado
    - É realizada uma chamada recursiva para a sub-árvore direita se o valor procurado é maior

- Implementação do método de busca para árvores binárias de busca

```
Node* search(Node* tree, int value){
   if (tree != NULL)
     if (tree->item == value)
       return tree;
     else if (tree->item > value)
       return search(tree->left, value);
     else
       return search(tree->right, value);
   else
     return NULL;
}
```

- Complexidade da operação de busca
  - Melhor caso: $O(1)$
  - Caso médio: $O(\log n)$
  - Pior caso: $O(n)$
- A complexidade das operações em árvores é diretamente relacionada com o balanceamento da árvore

# Referências I



Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C.
*Introduction to Algorithms*.
Third edition, The MIT Press, 2009.


Horowitz, E., Sahni, S. Rajasekaran, S.
*Computer Algorithms*.
Computer Science Press, 1998.


Rosa, J. L. G.
Métodos de Busca. SCE-181 – Introdução à Ciência da Computação II.
*Slides*. Ciência de Computação. ICMC/USP, 2018.


Ziviani, N.
*Projeto de Algoritmos - com implementações em Java e C++*.
Thomson, 2007.