

ÁRVORES

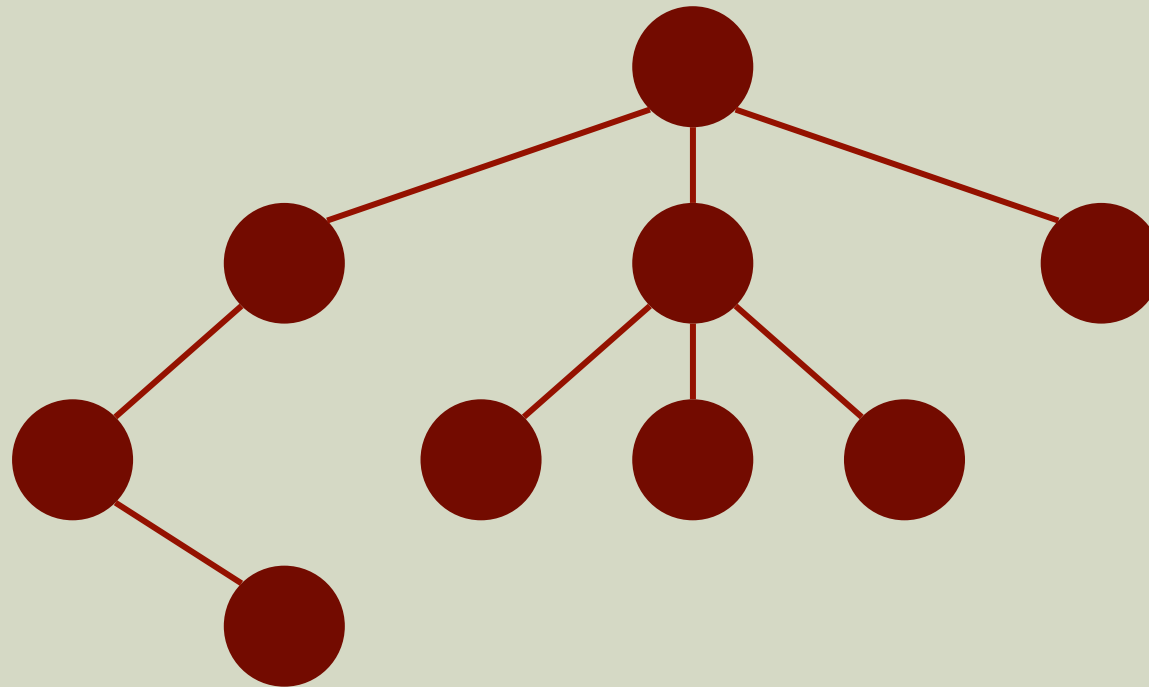
PUC MINAS

ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS II

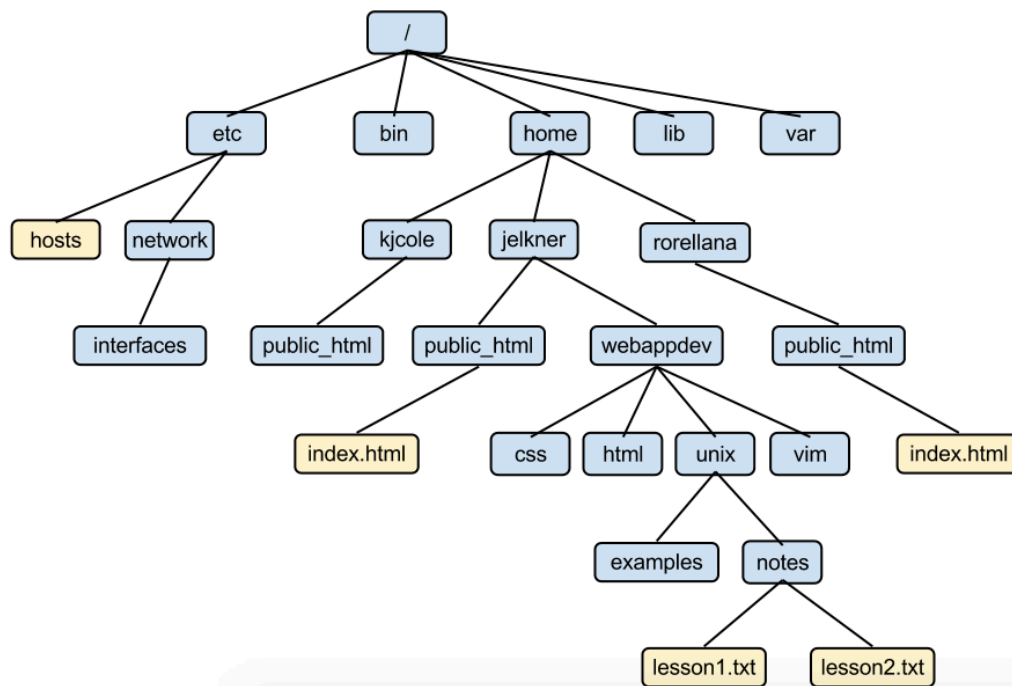
ÁRVORES

- Estruturas de dados não-lineares.
- Itens possuem um relacionamento hierárquico:
 - mãe/pai e filhos;
 - ancestrais e descendentes;
 - nível superior e nível inferior.

ÁRVORES



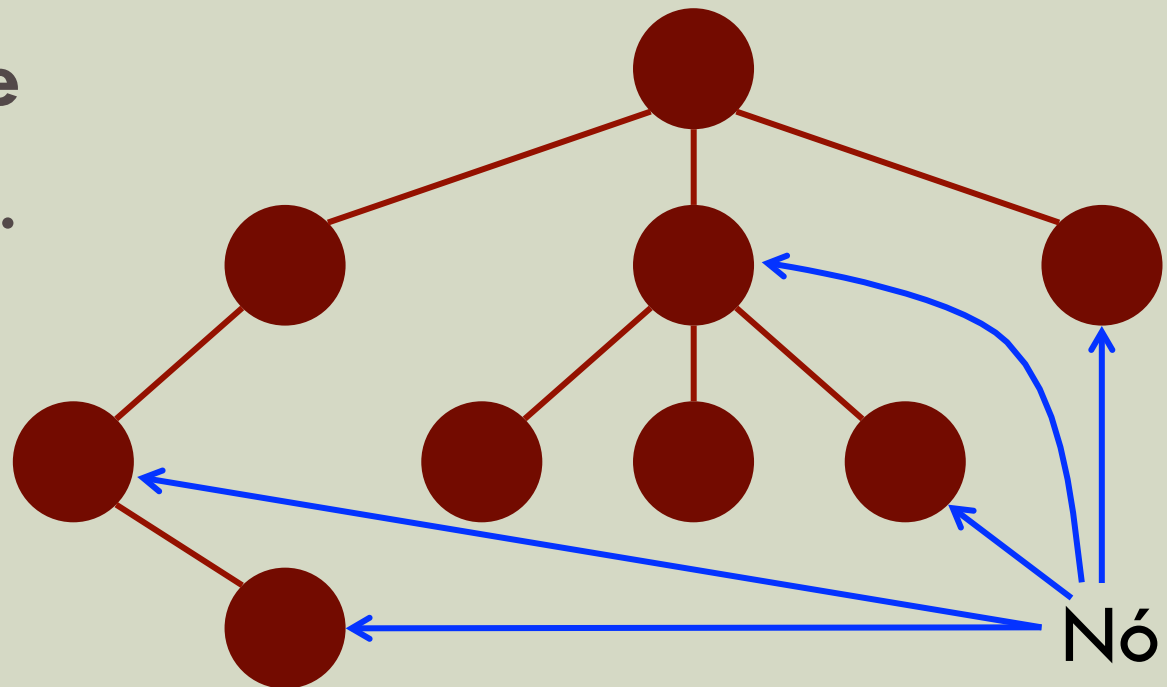
ÁRVORES – EXEMPLO



Elkner, Jeffrey. Getting Down With the Unix CLI: Files and the file system. Disponível em < <http://www.openbookproject.net/tutorials/getdown/unix/lesson2.html> >

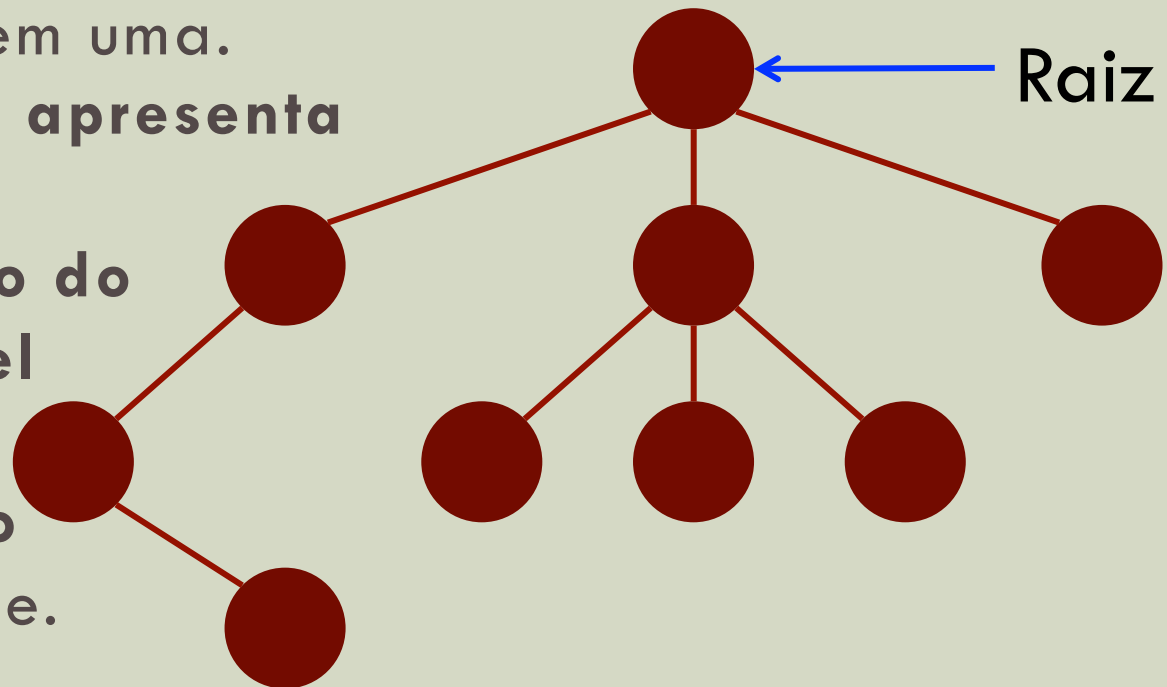
NÓ

- Elemento de uma árvore.
- Também conhecido como **nodo**.



RAIZ

- Toda árvore tem uma.
- **Nodo** que **não apresenta ascendente**.
- **Nodo** por meio do qual é possível **acessar qualquer outro nodo** da árvore.



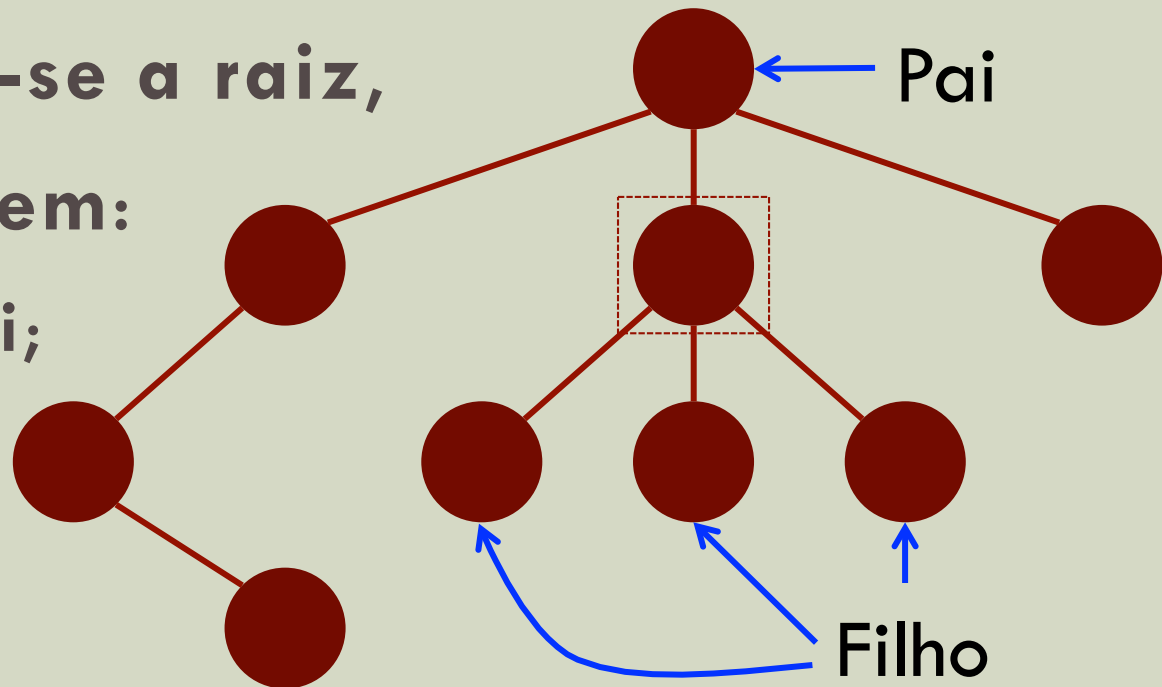
ÁRVORE



PUC Minas – Engenharia de Software – Algoritmos e Estruturas de Dados II - Prof.^a Eveline Alonso Veloso

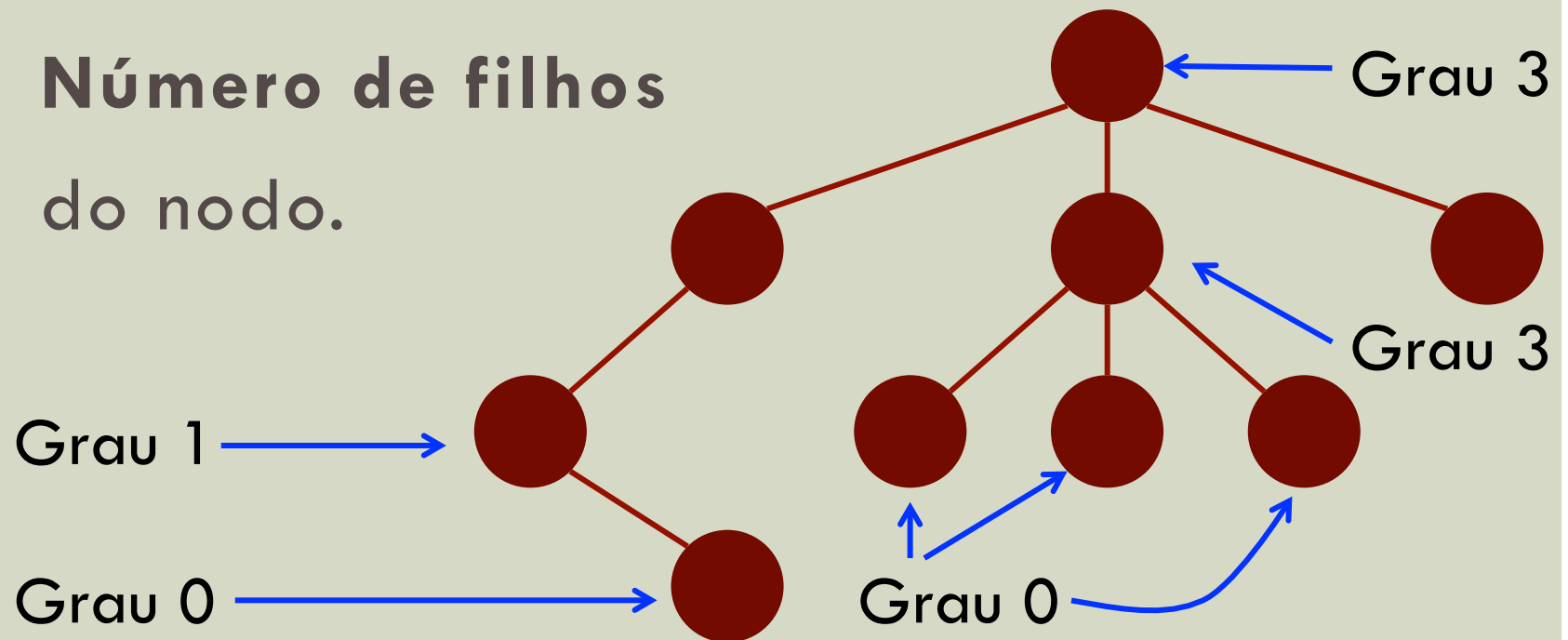
PAI E FILHOS

- Excetuando-se a raiz,
todo nodo tem:
 - um nodo pai;
 - zero ou mais filhos.



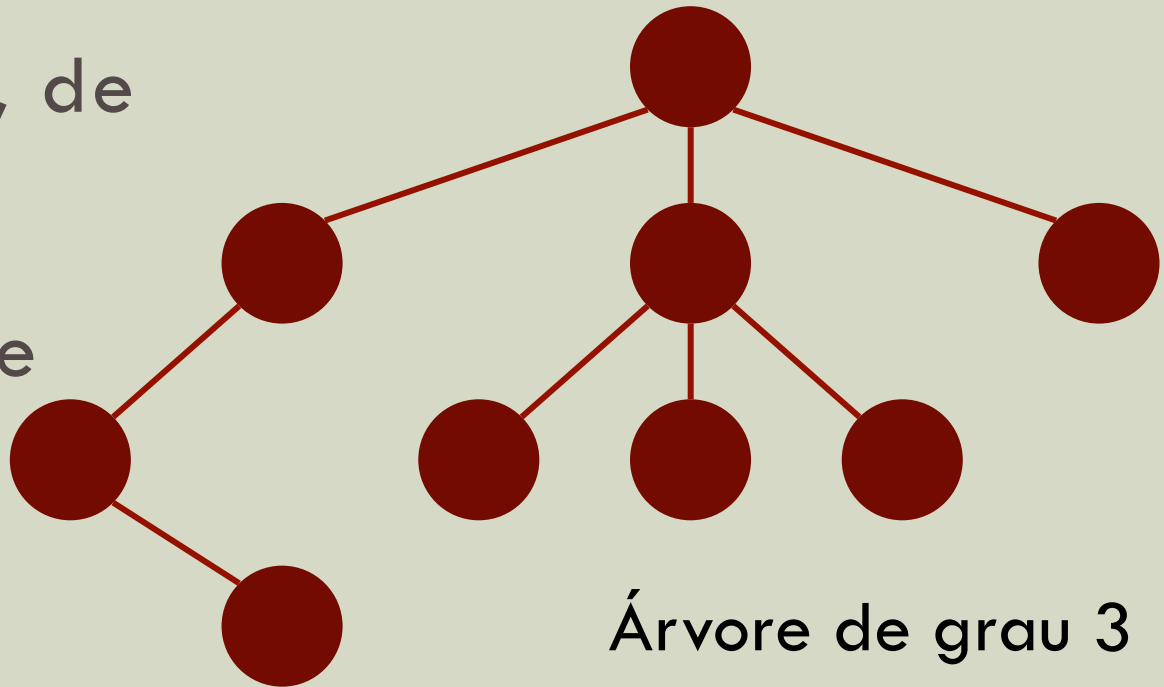
GRAU DO NODO

- **Número de filhos**
do nodo.



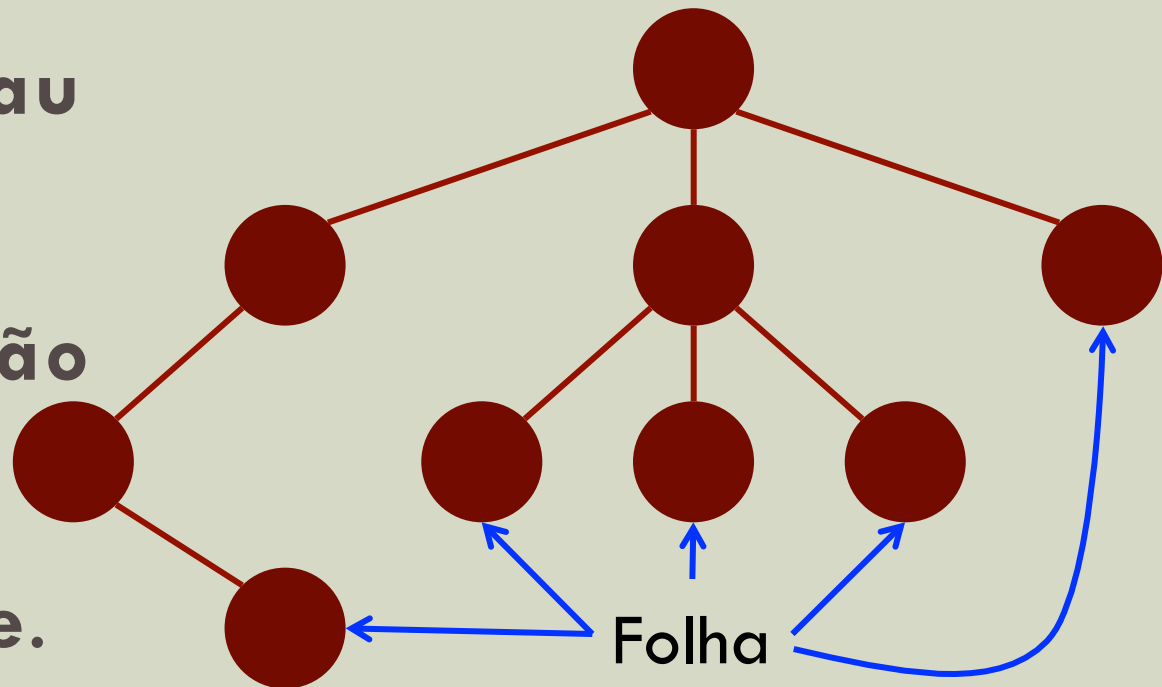
GRAU DA ÁRVORE

- Grau do nó, de maior grau, que a árvore possui.



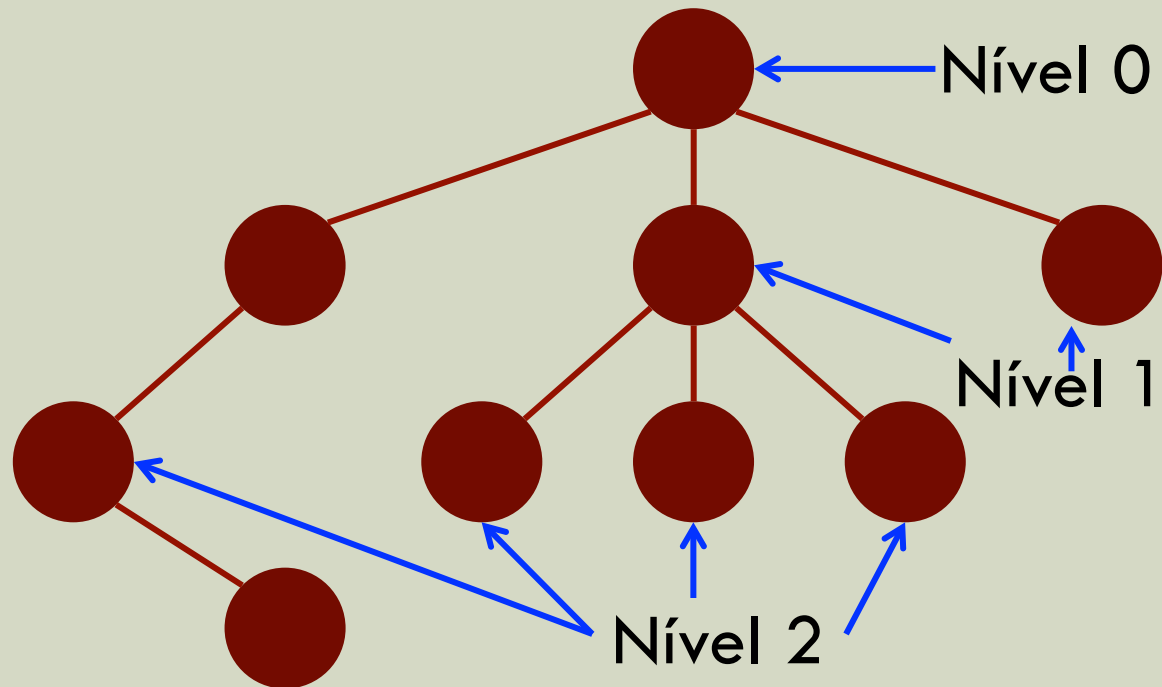
FOLHA

- **Nodo de grau zero.**
- **Nodo que não apresenta descendente.**



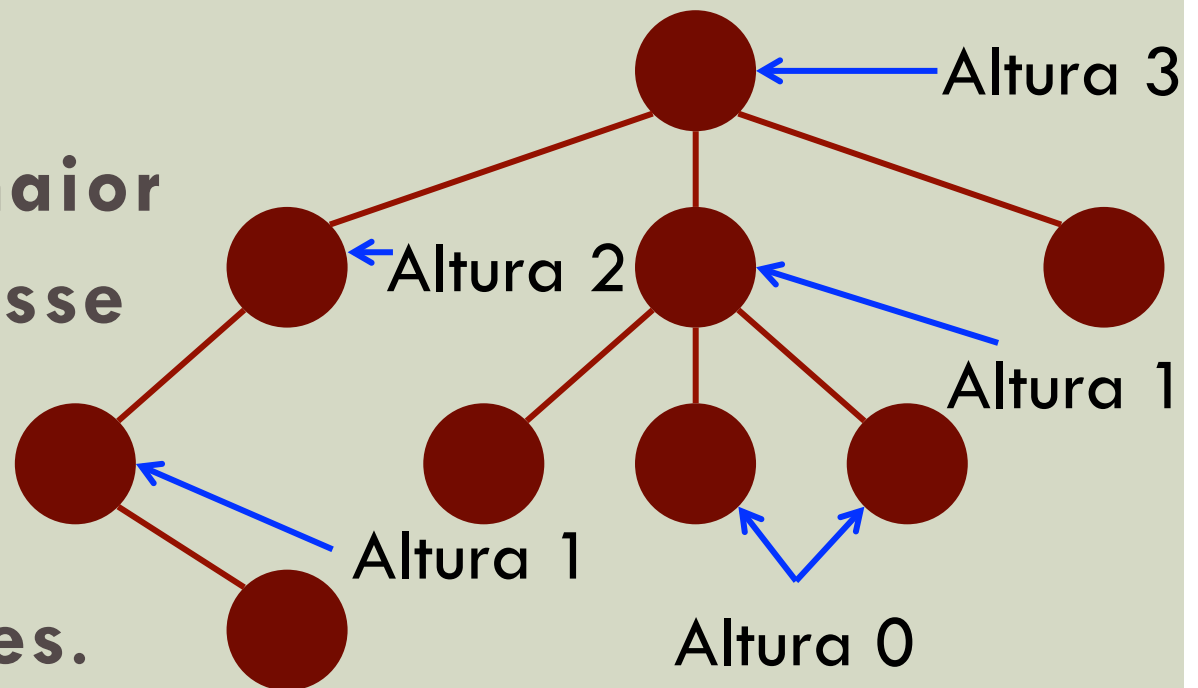
NÍVEL DO NODO

- **Raiz:**
 - nível 0.
- Se um nodo tem nível i ;
 - seus filhos têm nível $i + 1$.



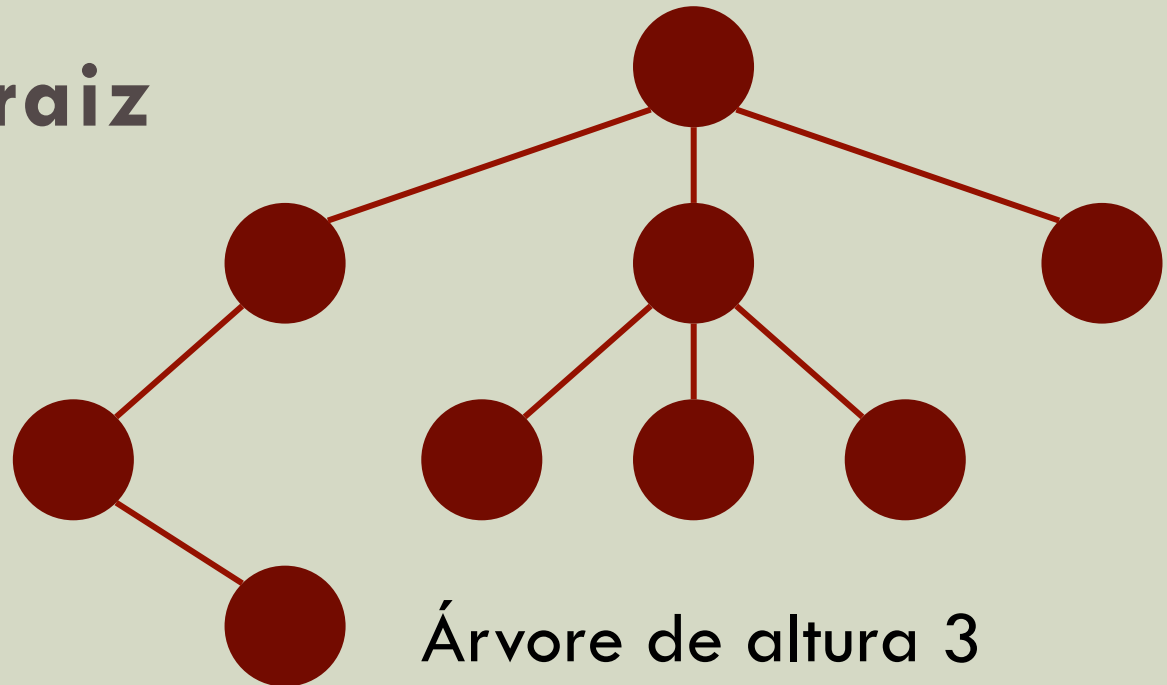
ALTURA DO NODO

- **Número de nodos do maior caminho desse nodo até um de seus descendentes.**

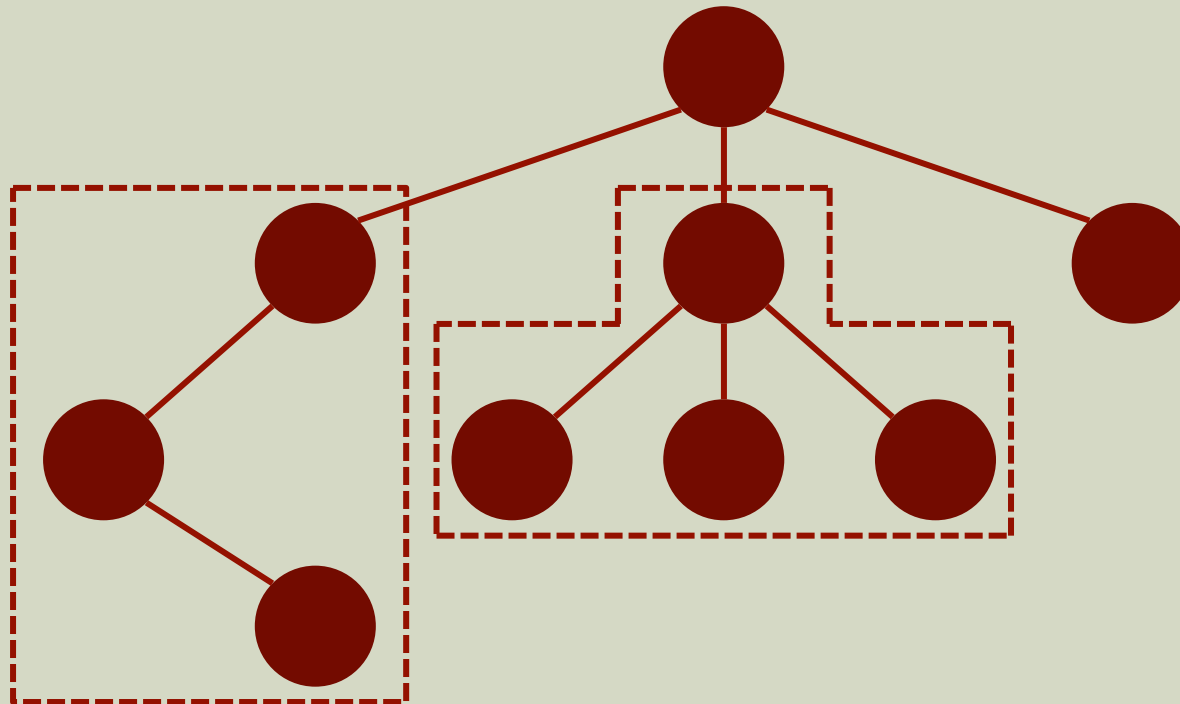


ALTURA DA ÁRVORE

- **Altura da raiz da árvore.**

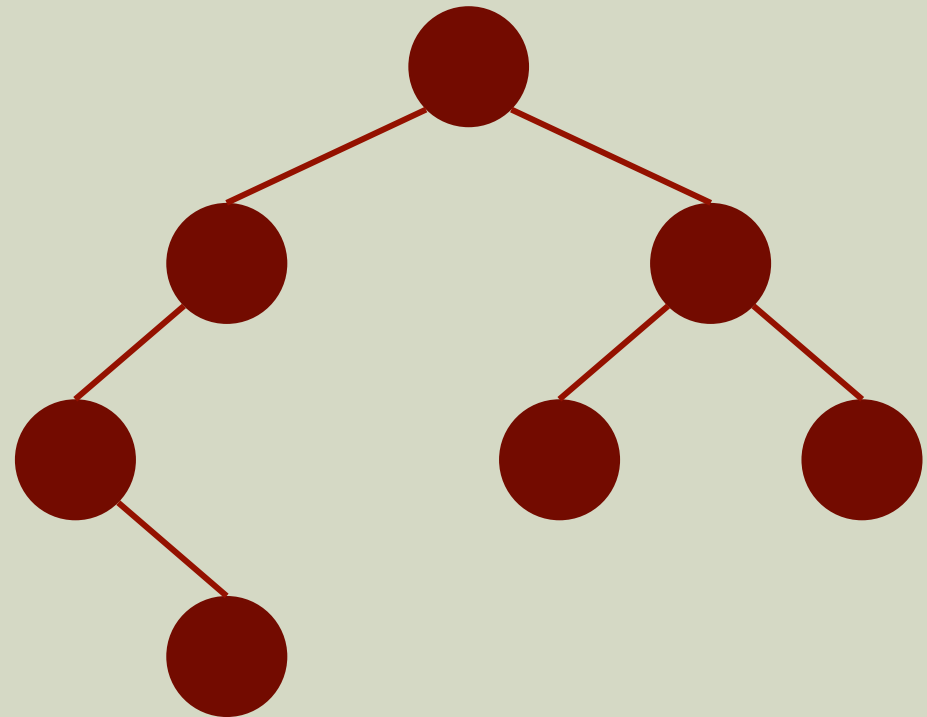


SUBÁRVORE



ÁRVORE BINÁRIA

- Árvore na qual **cada nodo;**
 - tem entre 0 e 2 filhos.



ÁRVORE BINÁRIA DE BUSCA

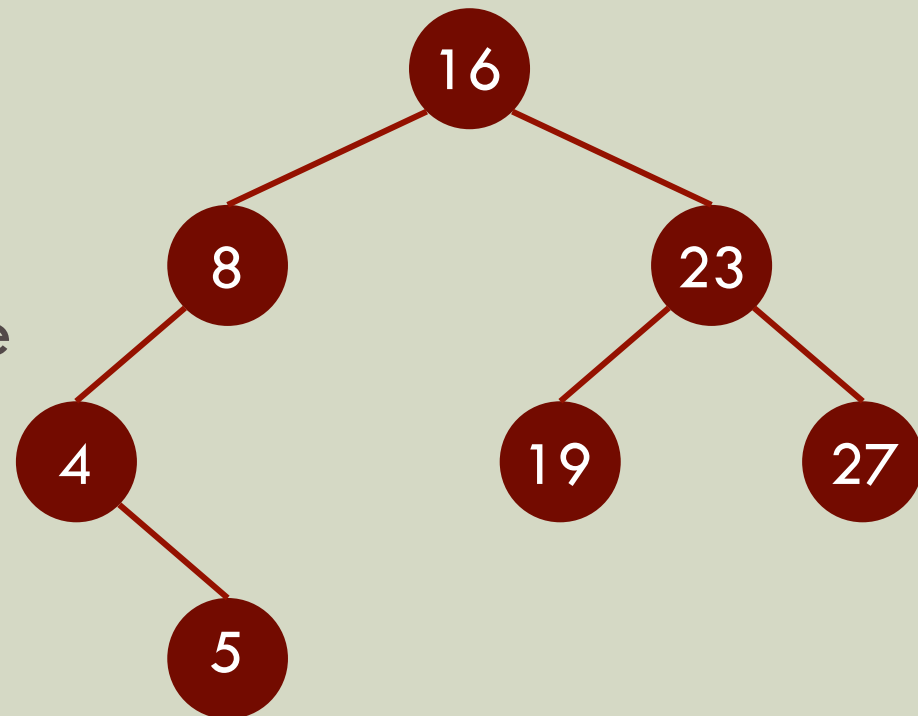
- **ABB ou BST:**
 - *Binary Search Tree.*
- **Os filhos de seus nodos são ditos:**
 - **filho da esquerda e**
 - **filho da direita.**

ÁRVORE BINÁRIA DE BUSCA

- Estrutura de dados **eficiente para armazenar registros de dados.**
- Apresenta:
 - **acessos eficientes;**
 - **facilidade para inserção e retirada de registros;**
 - **boa taxa de utilização de memória.**

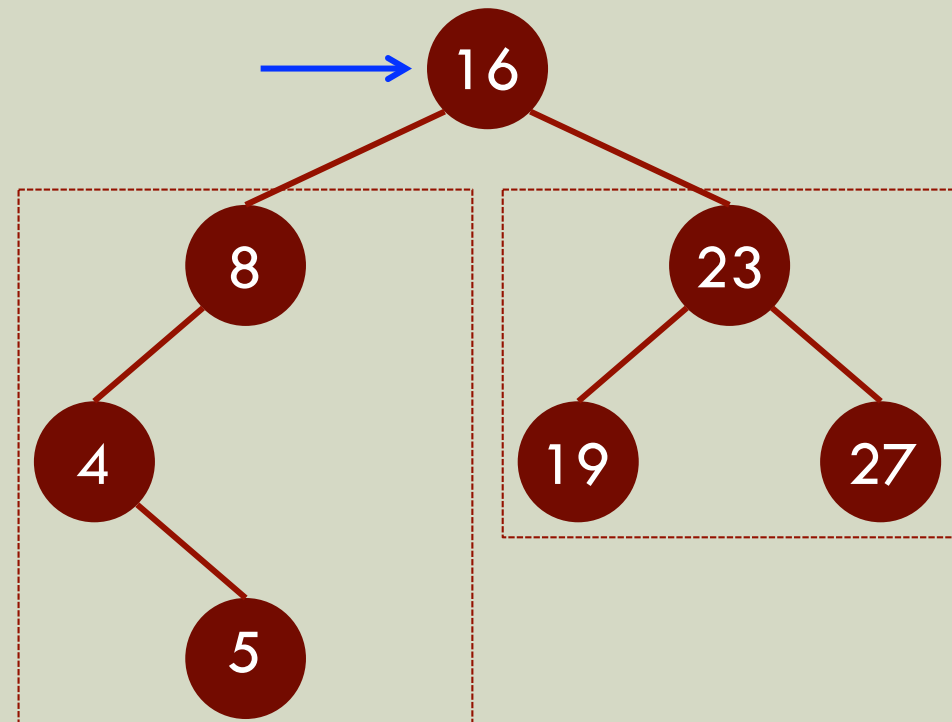
ÁRVORE BINÁRIA DE BUSCA

- **Registros à esquerda;**
- **apresentam sempre chaves menores que as dos registros à direita.**



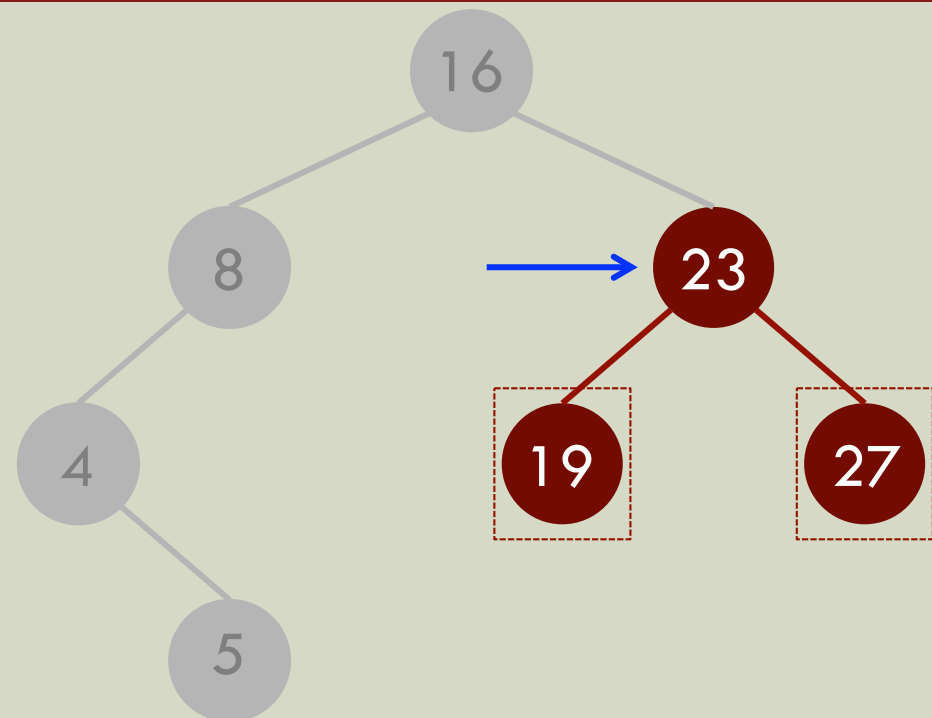
CLASSE ABB

- Uma **árvore** é composta por:
 - sua **raiz** e ...
 - suas **subárvores**.
- **Estrutura recursiva.**



CLASSE ABB

- Uma **árvore** é composta por:
 - sua **raiz** e ...
 - suas **subárvores**.
- **Estrutura recursiva.**



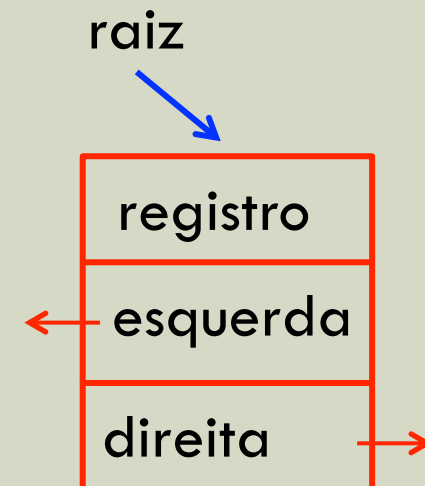
CLASSE ABB

- Cada **nó** da árvore contém:
 - um **registro** de dados;
 - **duas referências**:
 - referência para a **subárvore esquerda**;
 - referência para a **subárvore direita**.



CLASSE ABB

- Classe **ABB** contém:
 - referência para o **primeiro nó da árvore:**
 - **raiz** da árvore.



CLASSE ABB – OPERAÇÕES

- **Criar uma árvore vazia;**
- **Localizar um registro na árvore;**
- **Inserir um novo registro na árvore;**
- **Remover um registro da árvore;**
- **Caminhar na árvore imprimindo o conteúdo dos registros nela armazenados.**

CLASSE ABB – CRIAÇÃO

- **Inicializar** a referência para a **raiz** da árvore:
 - deve apontar para *null*.

raiz  null

CLASSE ABB – PESQUISA

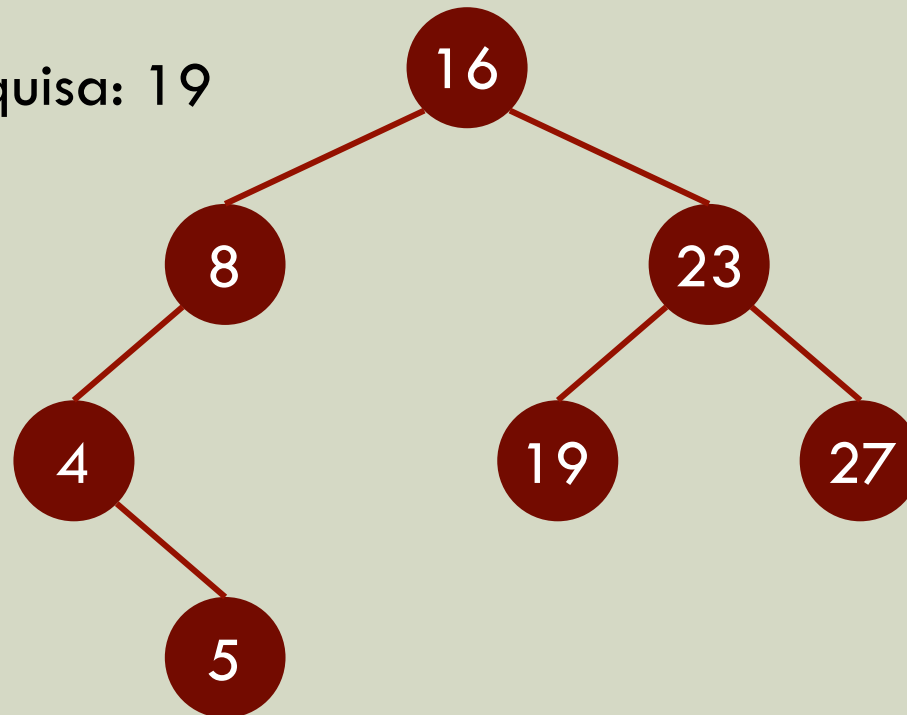
- **Inicia-se a pesquisa pela raiz da árvore.**
- **Se a chave do registro localizado na raiz da árvore atual não corresponde à chave de pesquisa;**
 - **Se a chave de pesquisa é menor:**
 - **buscar na subárvore esquerda;**
 - **Se a chave de pesquisa é maior:**
 - **buscar na subárvore direita.**

CLASSE ABB – PESQUISA

- **Repete-se o processo recursivamente até:**
 - **chave de pesquisa é encontrada ou;**
 - **referência nula é atingida;**
 - significando uma **pesquisa sem sucesso.**
- **Se a pesquisa é concluída com sucesso;**
 - **registro contendo a chave de pesquisa é retornado.**

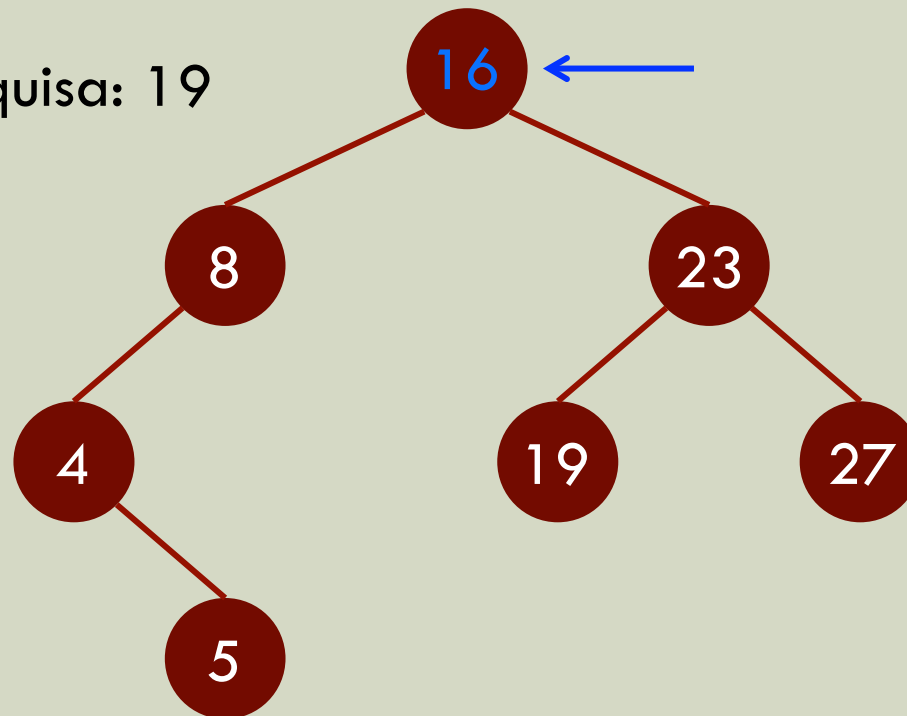
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19



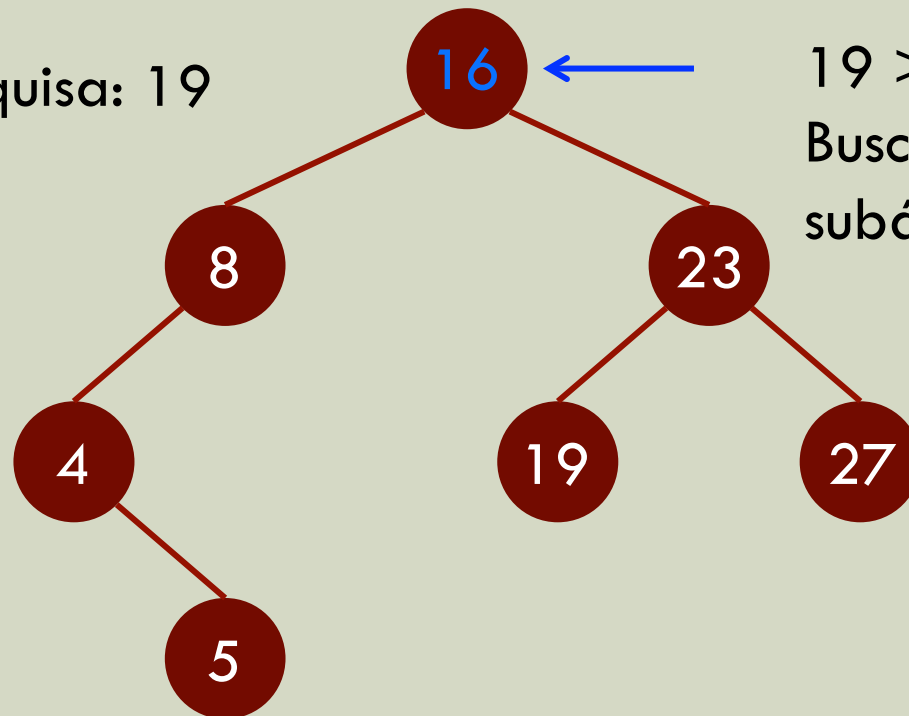
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19



CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19

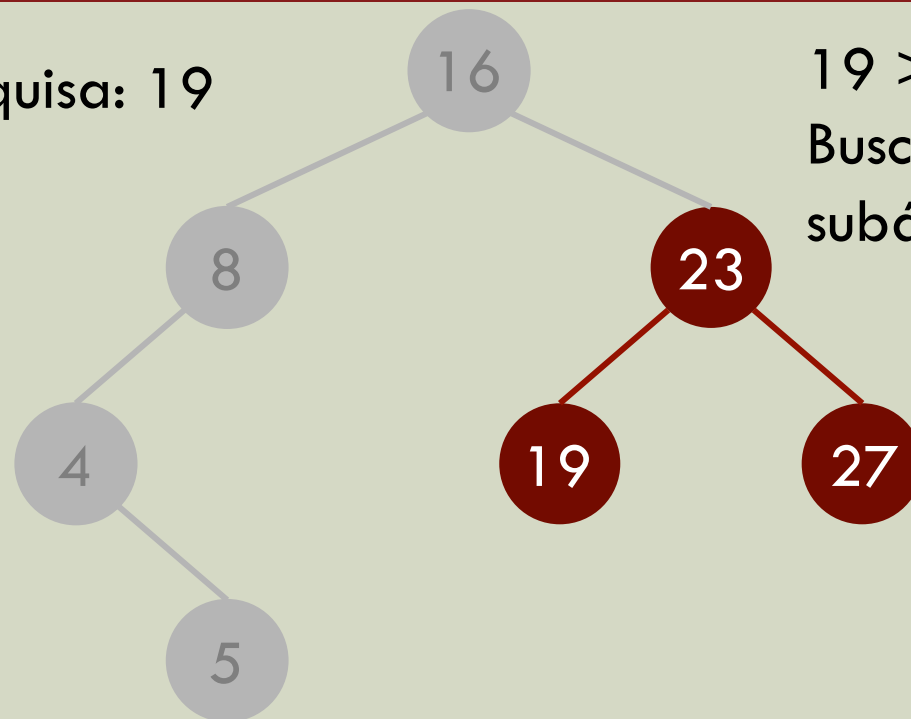


$19 > 16$

Buscar na
subárvore direita

CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19

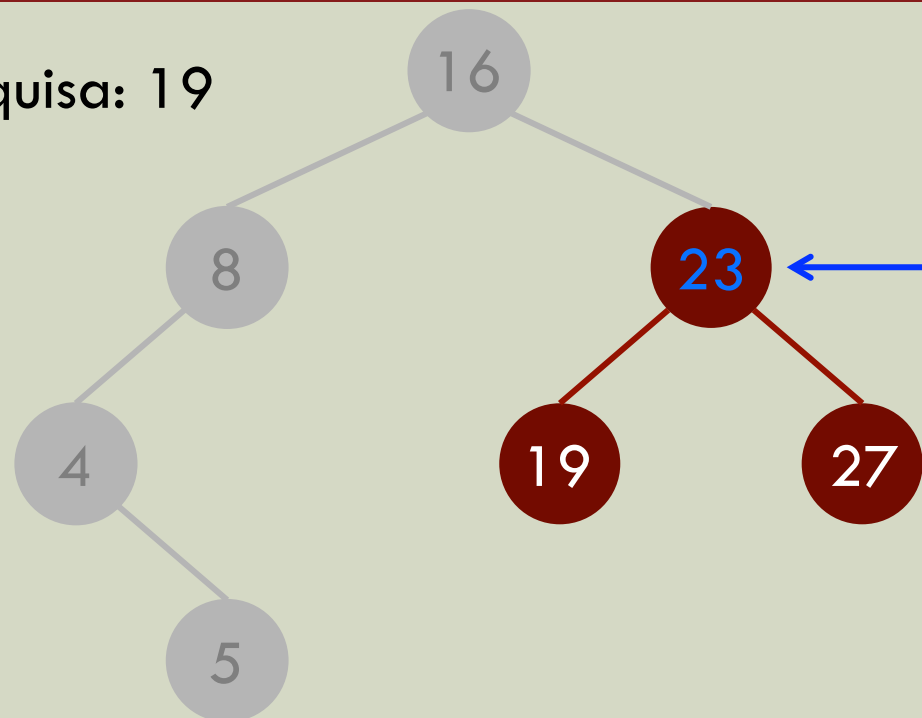


$19 > 16$

Buscar na
subárvore direita

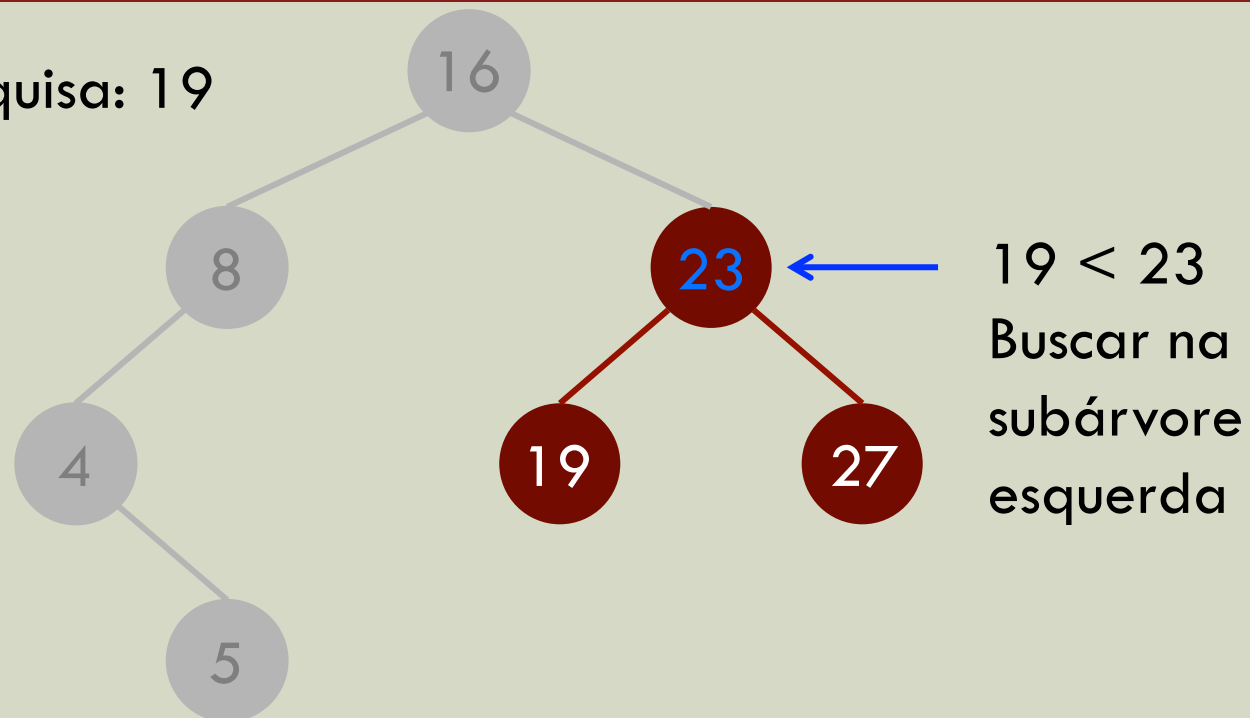
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19



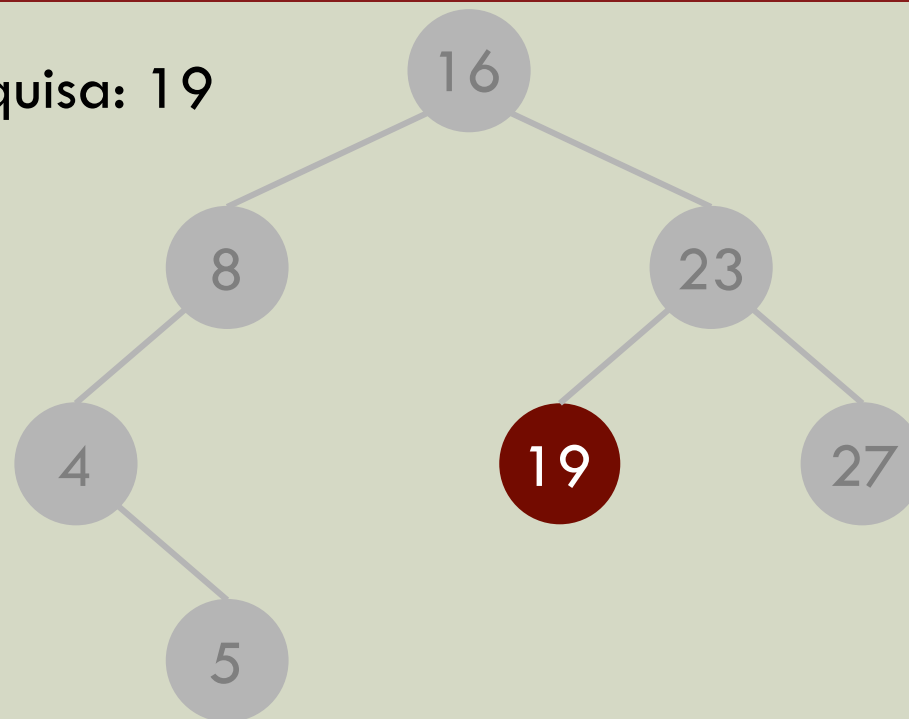
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19



CLASSE ABB – PESQUISA

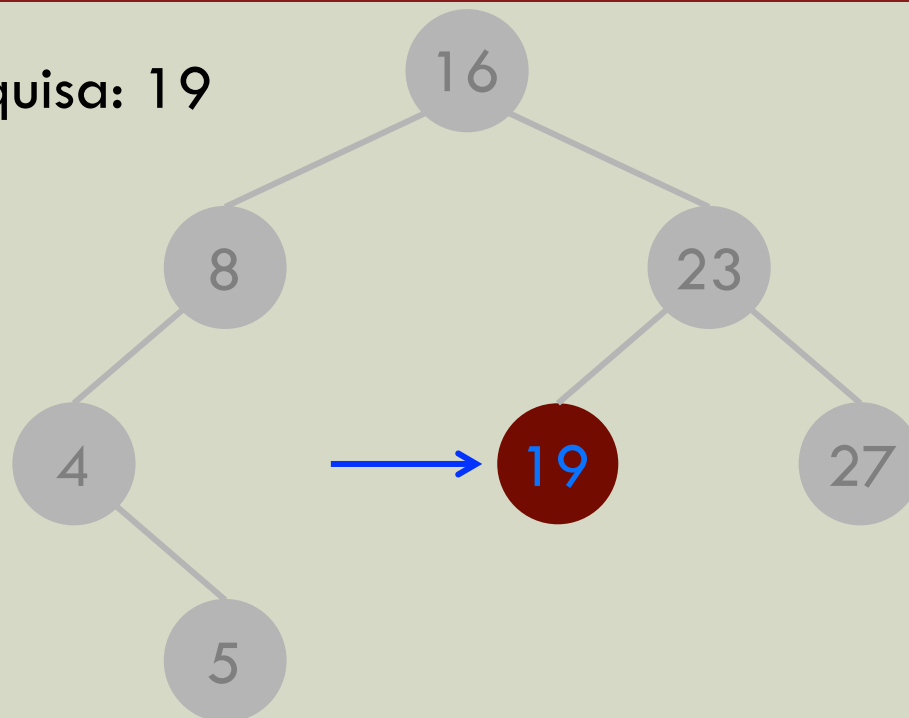
Chave de pesquisa: 19



$19 < 23$
Buscar na
subárvore
esquerda

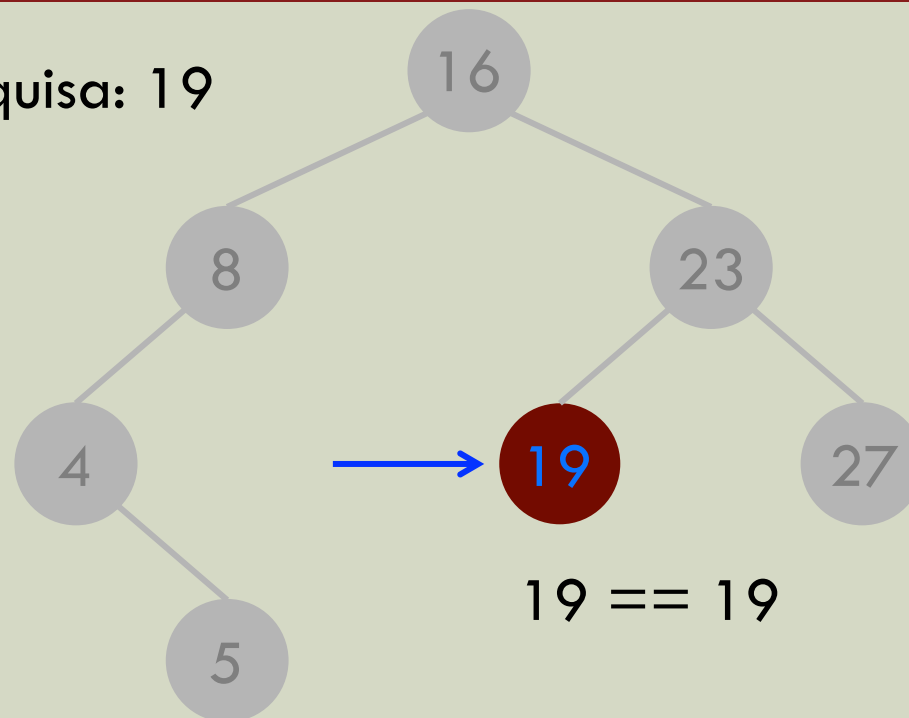
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19



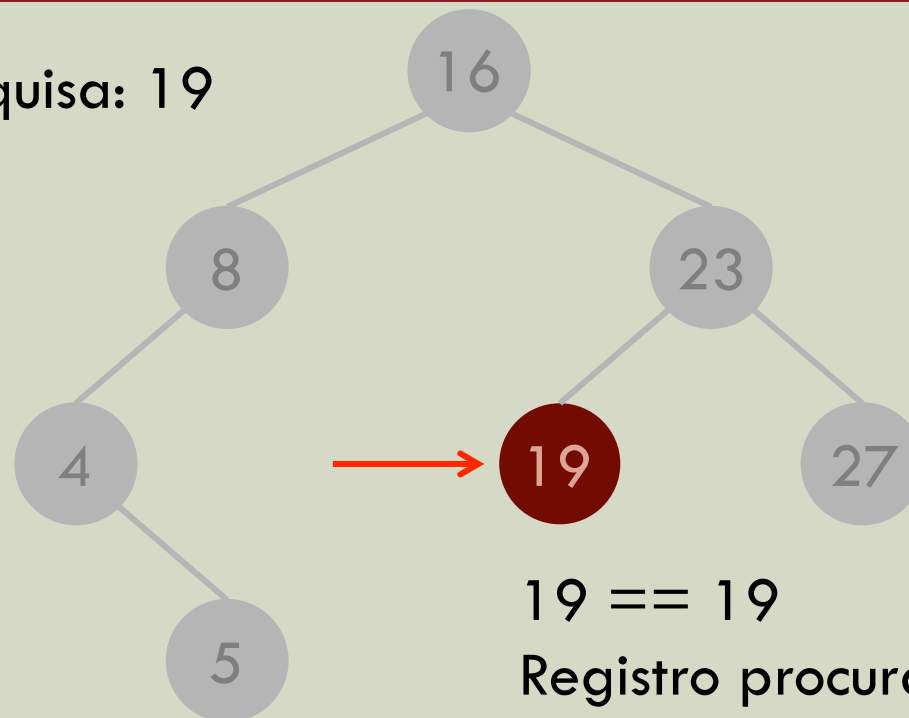
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19



CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 19

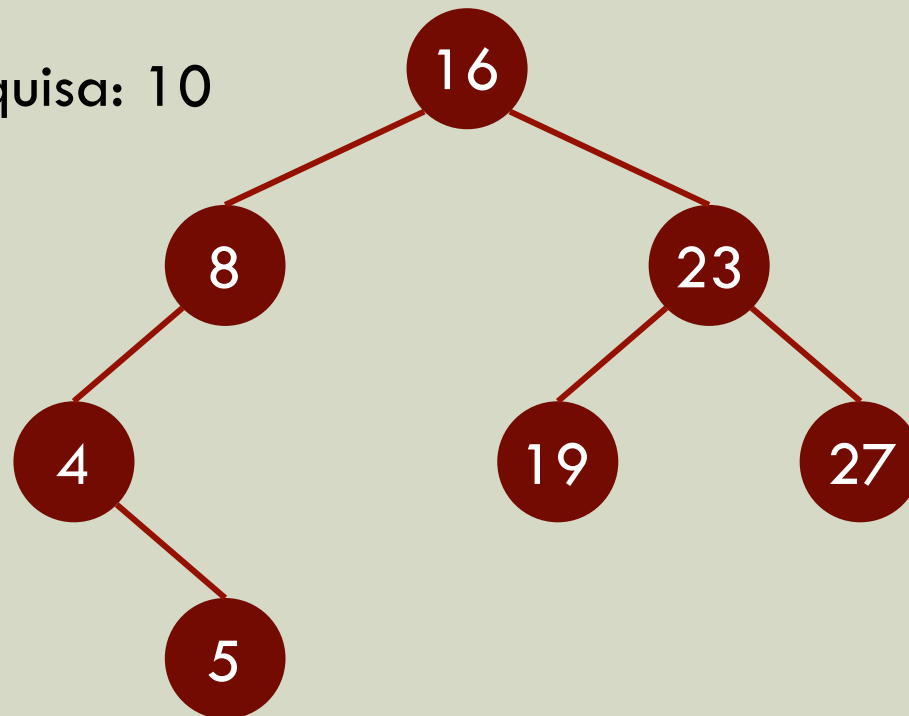


19 == 19

Registro procurado encontrado

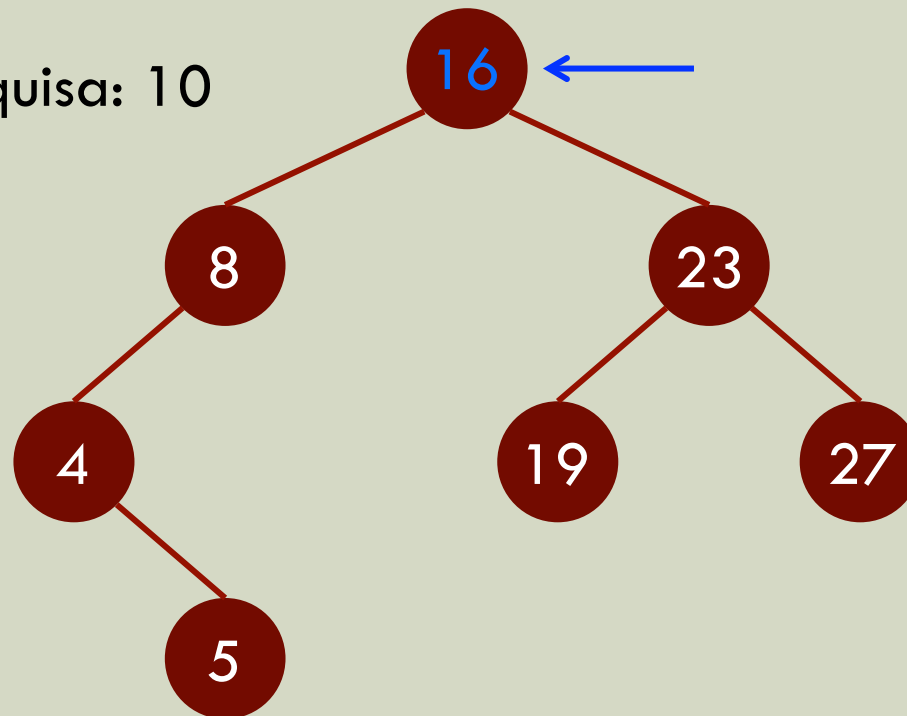
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10



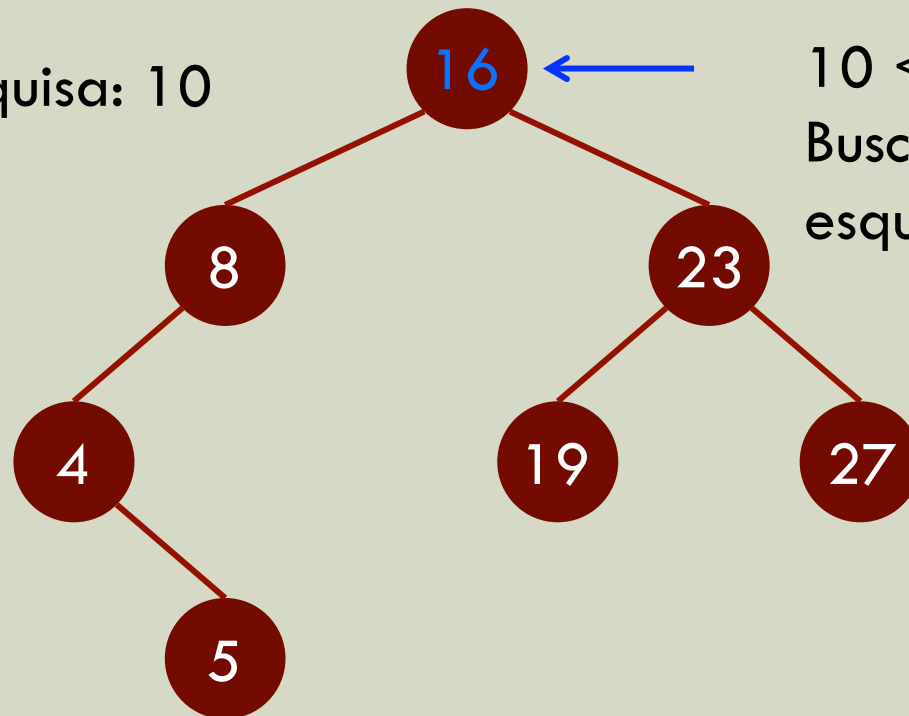
CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10



CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10

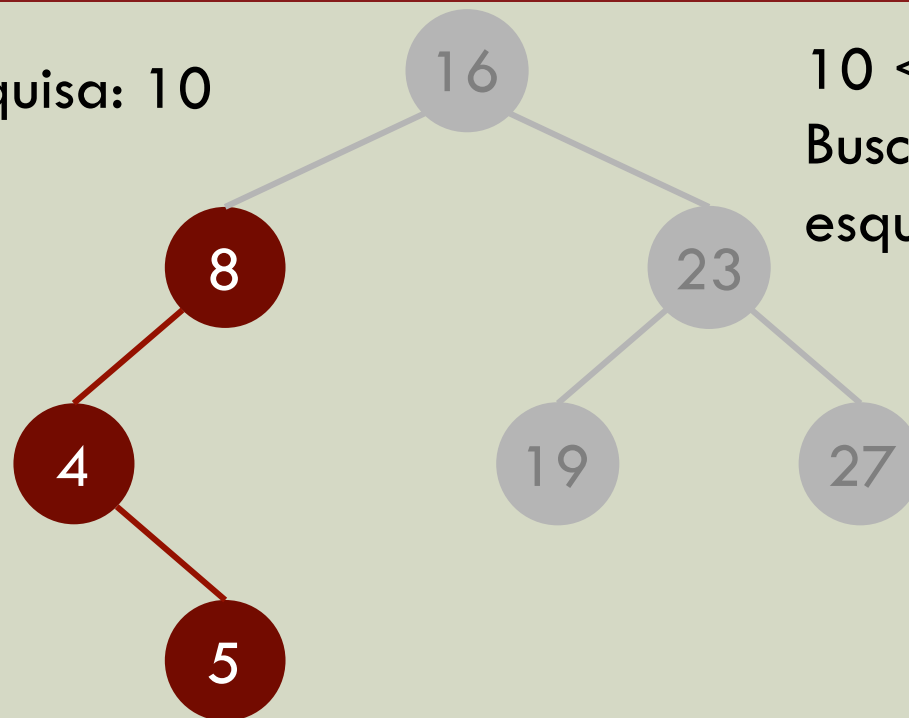


$10 < 16$

Buscar na subárvore
esquerda

CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10

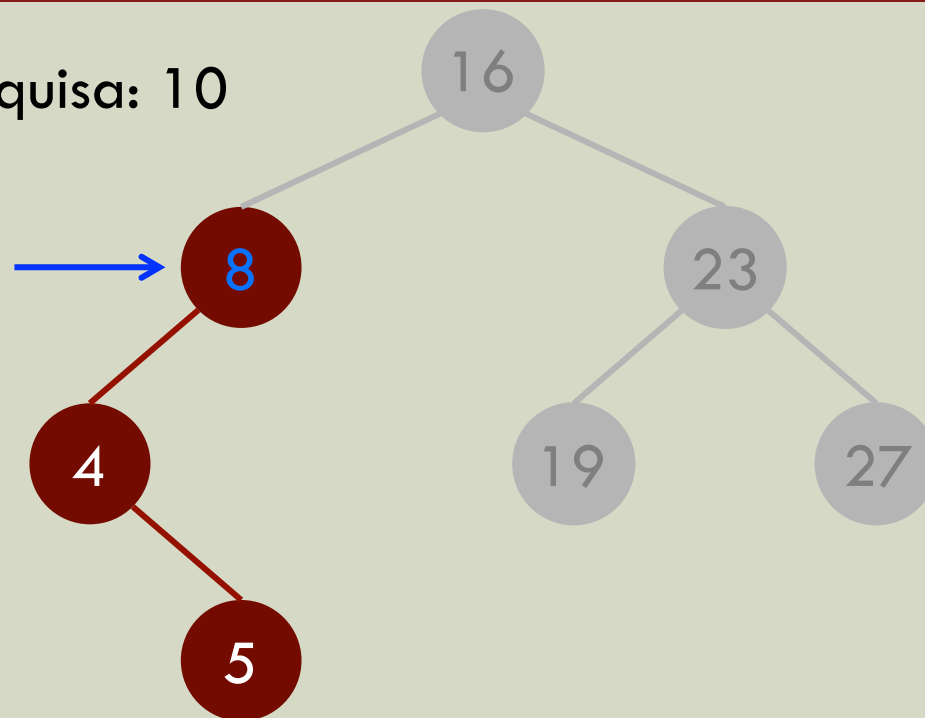


$10 < 16$

Buscar na subárvore
esquerda

CLASSE ABB – PESQUISA

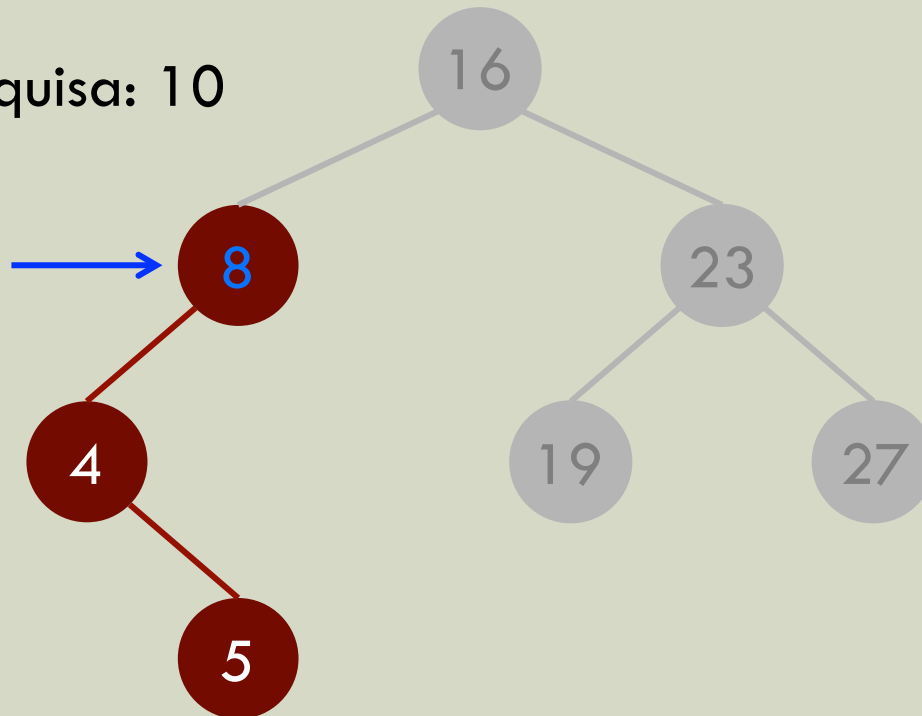
Chave de pesquisa: 10



CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10

$10 > 8$
Buscar na
subárvore
direita

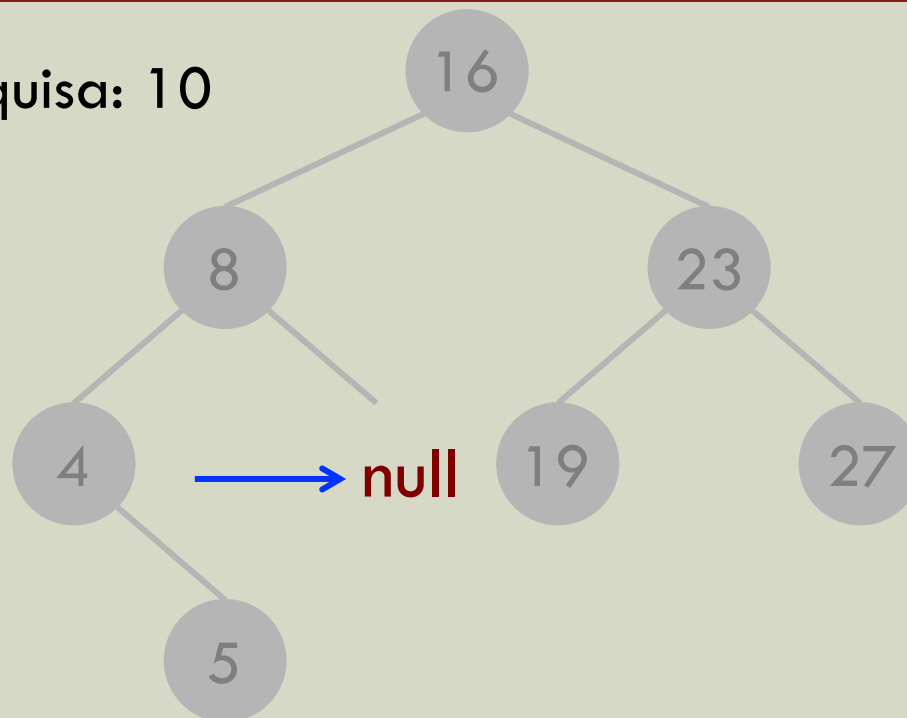


CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10

$10 > 8$

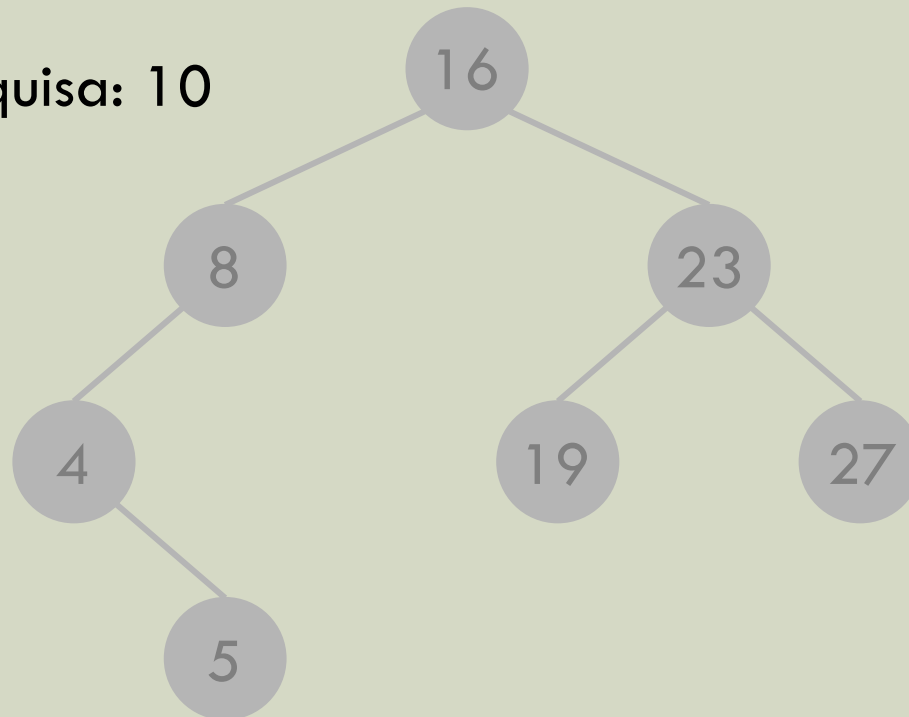
Buscar na
subárvore
direita



CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10

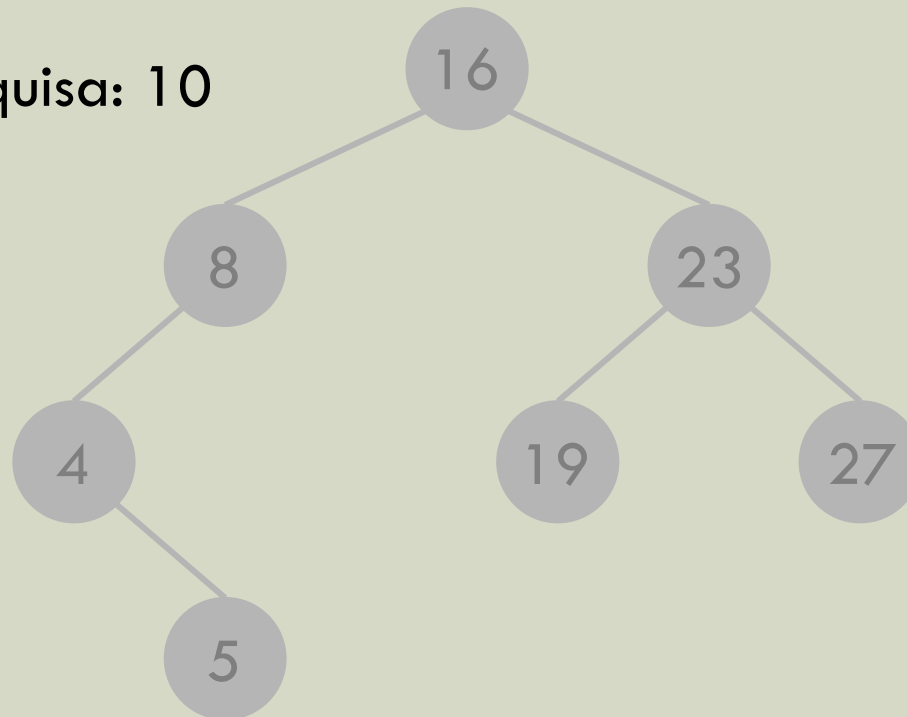
Subárvore
direita == *null*



CLASSE ABB – PESQUISA

Chave de pesquisa: 10

Subárvore
direita == *null*
Registro
procurado não
encontrado



CLASSE ABB – INSERÇÃO

- Como uma **ABB** obedece a uma **regra de organização**;
 - primeiro é **necessário encontrar o local correto** para a **inserção do novo registro** na árvore.
- Ao pesquisar por um registro, atingir uma **referência nula**;
 - significa uma pesquisa sem sucesso.

CLASSE ABB – INSERÇÃO

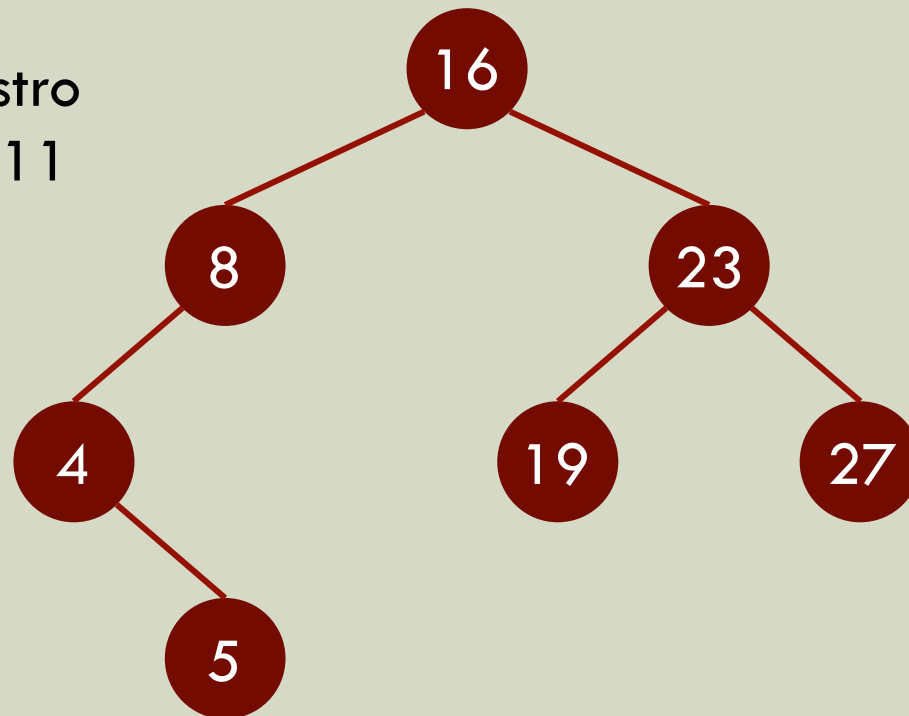
- Em um processo de inserção, a **referência nula atingida indica;**
 - **ponto de inserção do novo registro na árvore.**
- A inserção também pode ser realizada **recursivamente;**
 - **retornando-se para o pai a nova subárvore;**
 - **com o novo nodo inserido.**

CLASSE ABB – INSERÇÃO

- Se encontrar uma **referência nula**;
 - **retornar o novo nodo para seu pai.**
- Caso contrário:
 - Se a **chave do novo registro for menor que a chave do registro localizado na raiz da árvore atual**;
 - **inserir o novo registro na subárvore esquerda;**
 - **e atribui-la ao filho da esquerda.**
 - Se a **chave do novo registro for maior que a chave do registro localizado na raiz da árvore atual**;
 - **inserir o novo registro na subárvore direita;**
 - **e atribui-la ao filho da direita.**

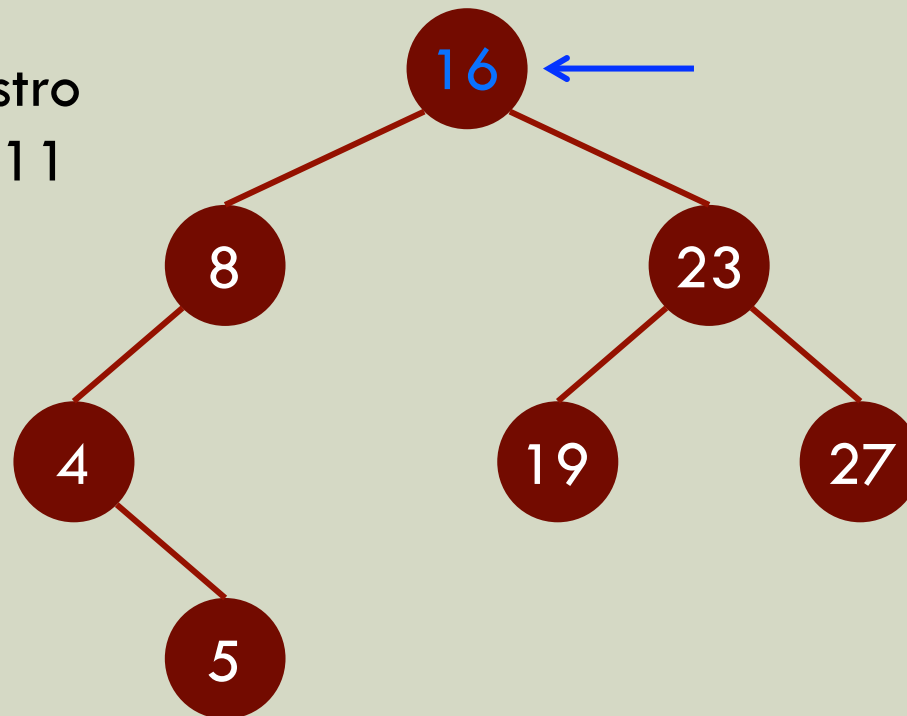
CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11



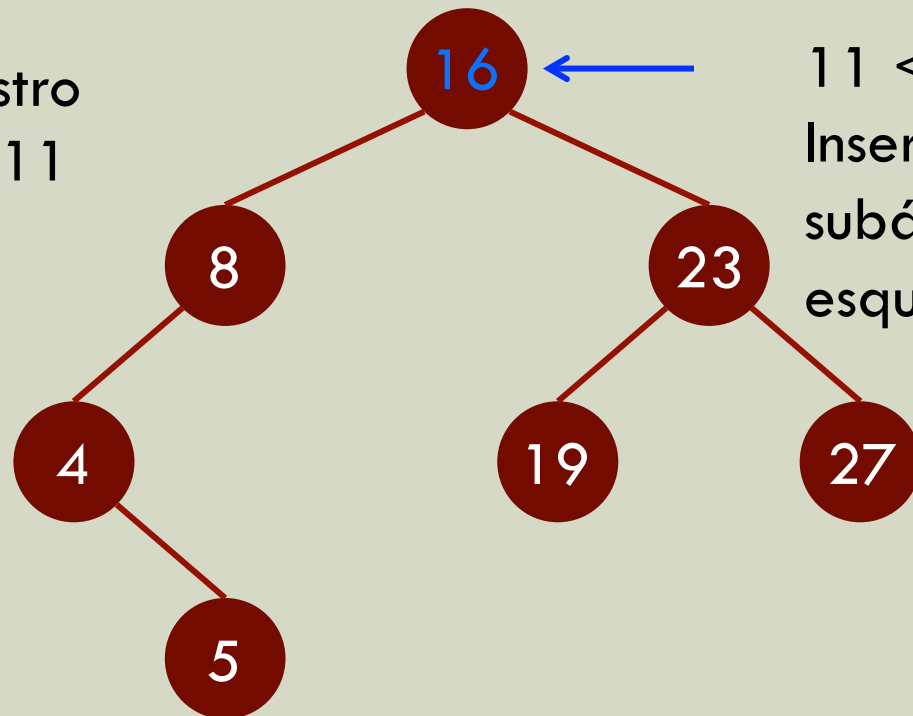
CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11



CLASSE ABB – INSERÇÃO

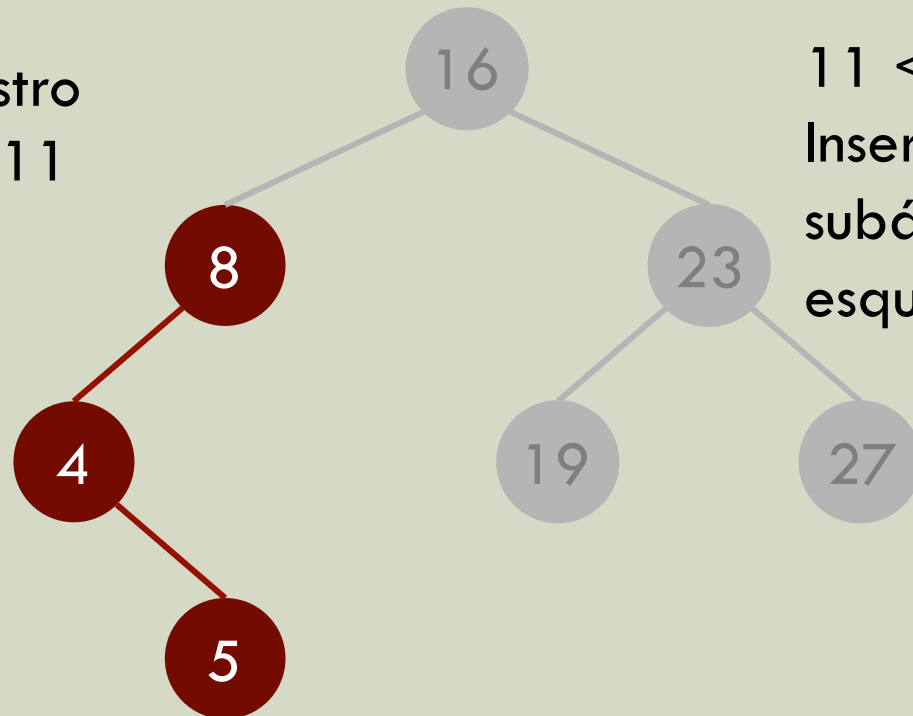
Chave do registro
a ser inserido: 11



$11 < 16$
Inserir na
subárvore
esquerda

CLASSE ABB – INSERÇÃO

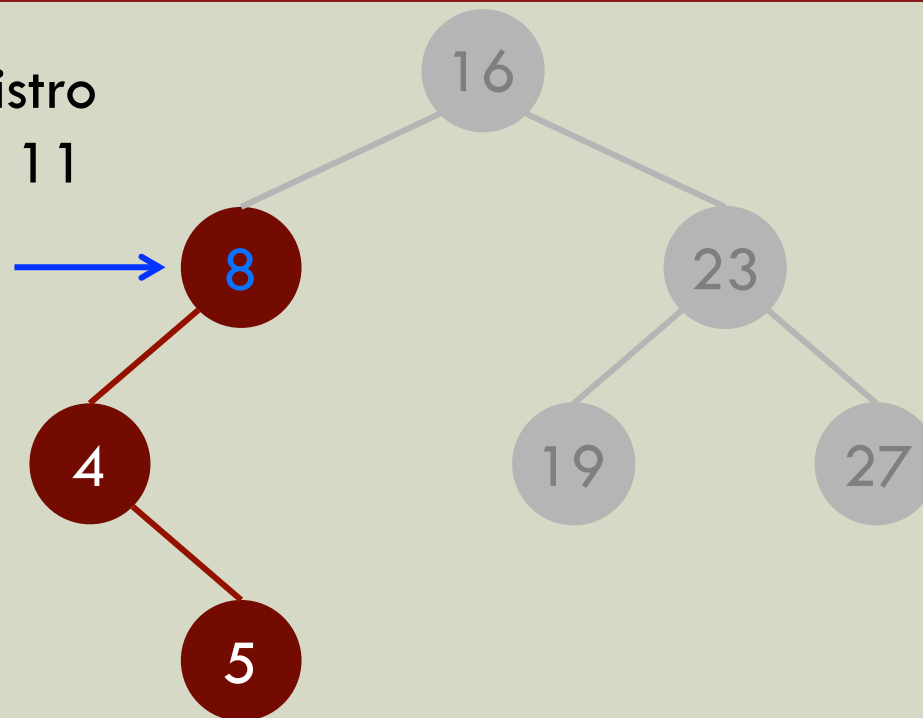
Chave do registro
a ser inserido: 11



$11 < 16$
Inserir na
subárvore
esquerda

CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11

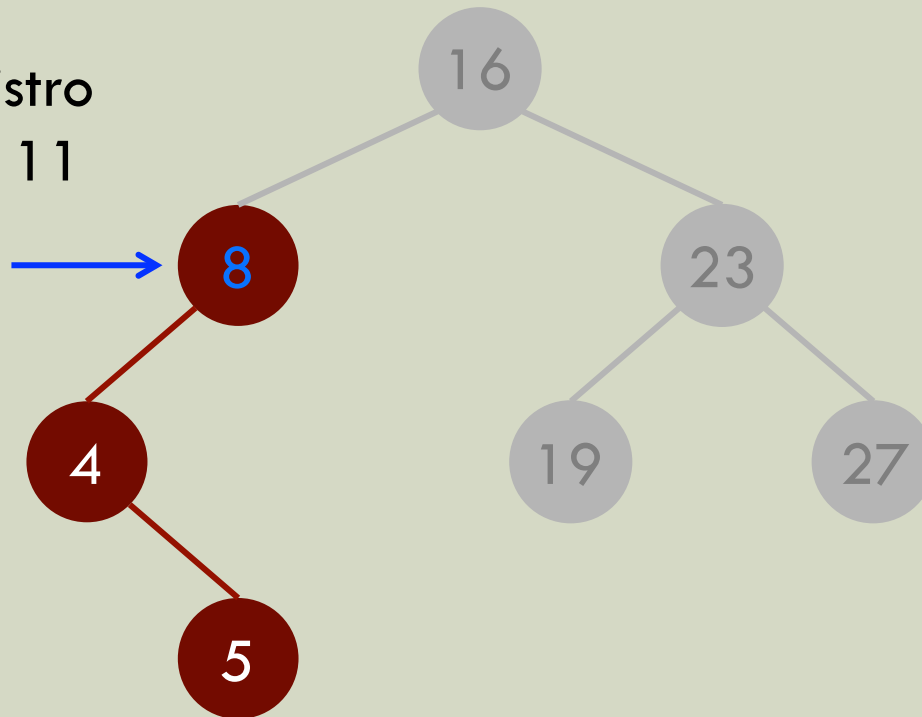


CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11

$11 > 8$

Inserir na
subárvore
direita

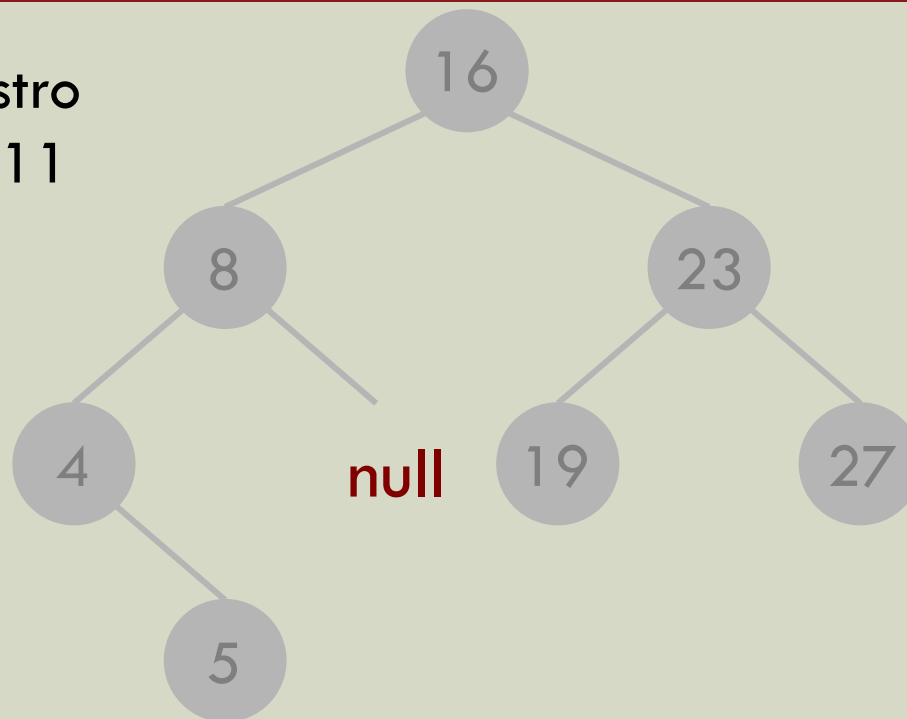


CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11

$11 > 8$

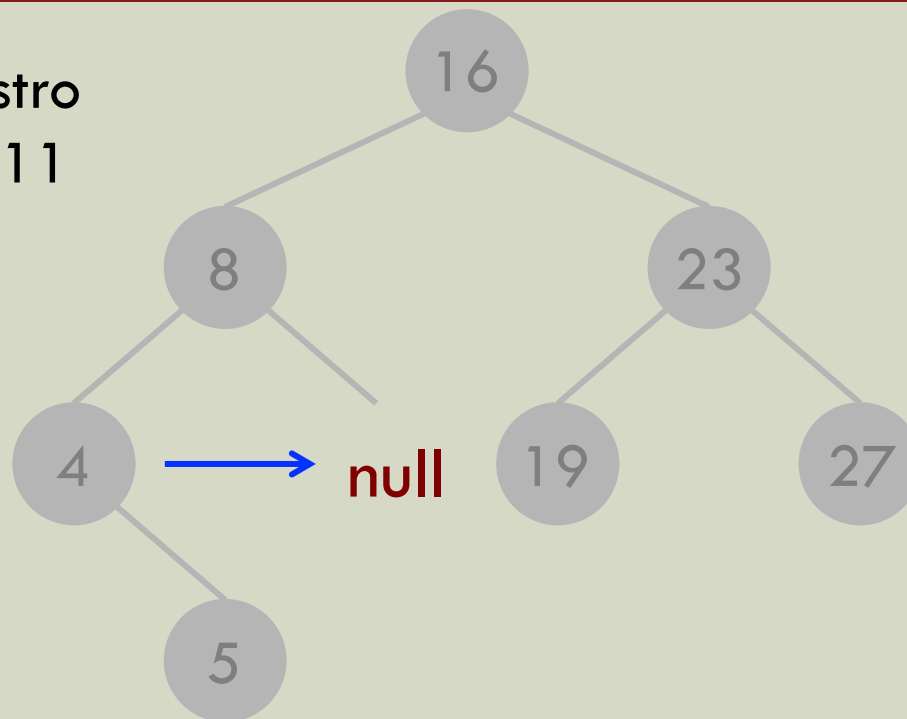
Inserir na
subárvore
direita



CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11

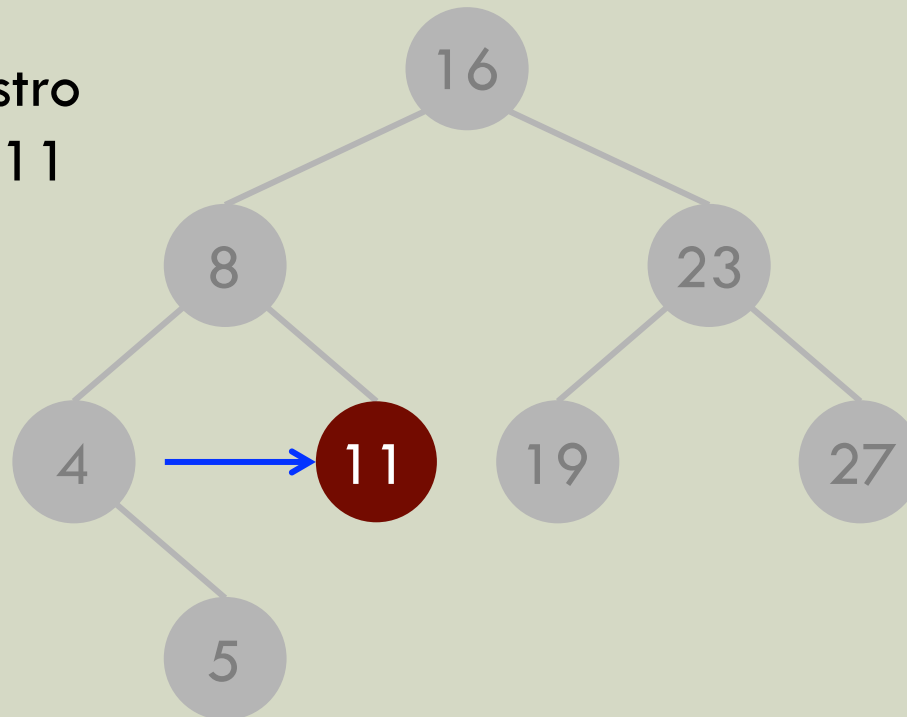
Referência
null
encontrada:
**ponto de
inserção.**



CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11

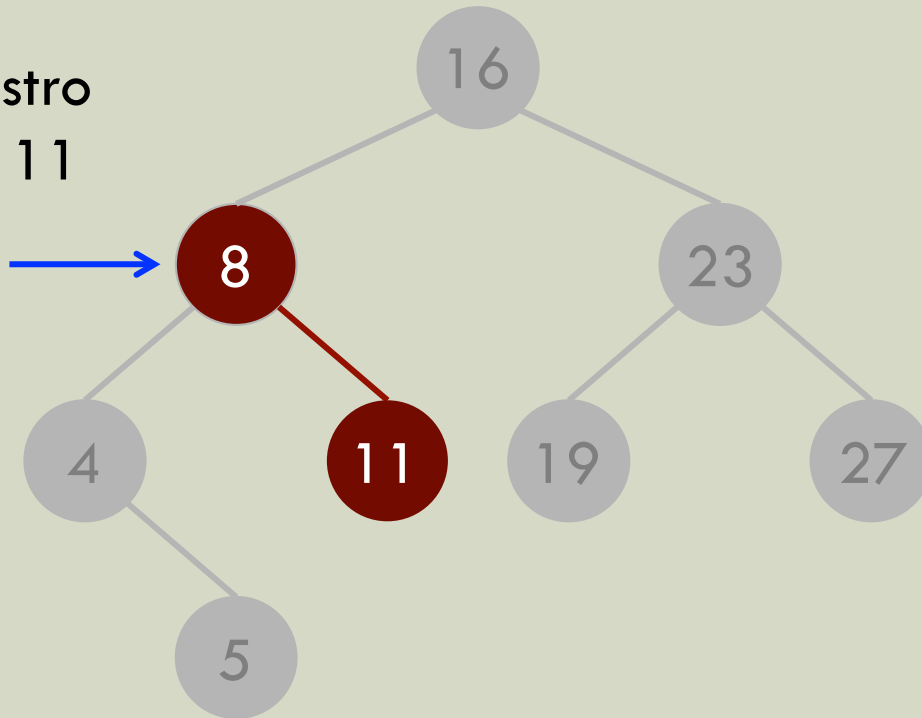
Retorna o
novo nó para
seu pai.



CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11

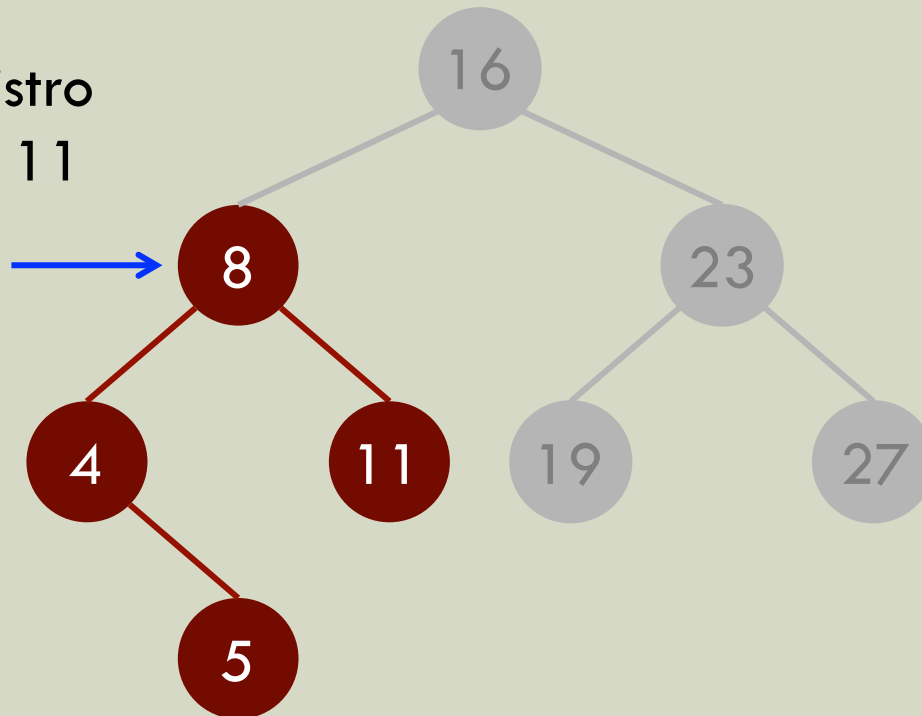
Atribui o novo
nó ao seu
filho da
direita.



CLASSE ABB – INSERÇÃO

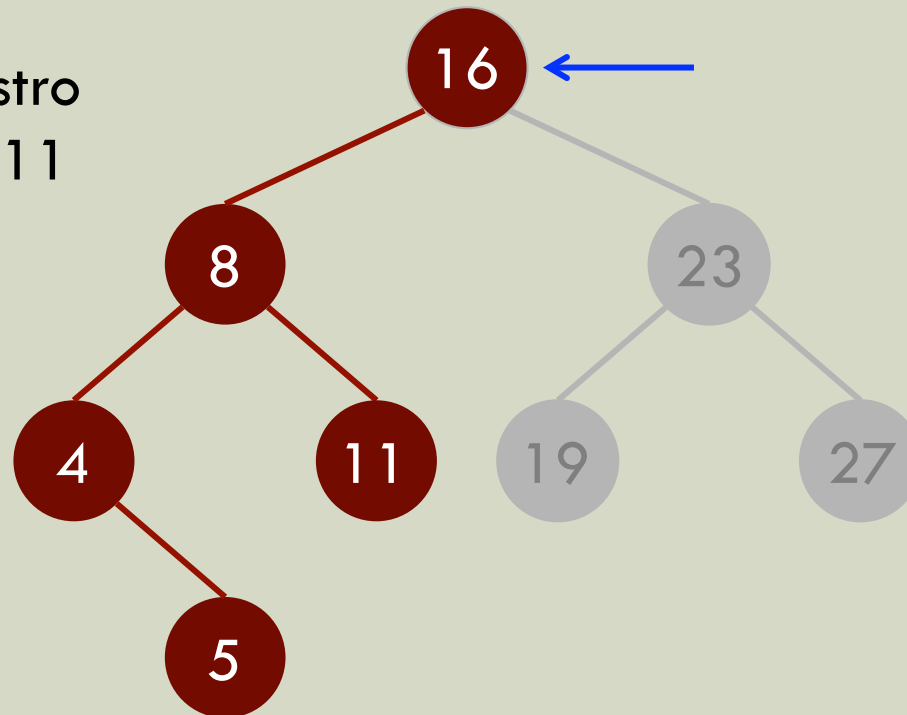
Chave do registro
a ser inserido: 11

Retorna a
nova
subárvore
para seu pai.



CLASSE ABB – INSERÇÃO

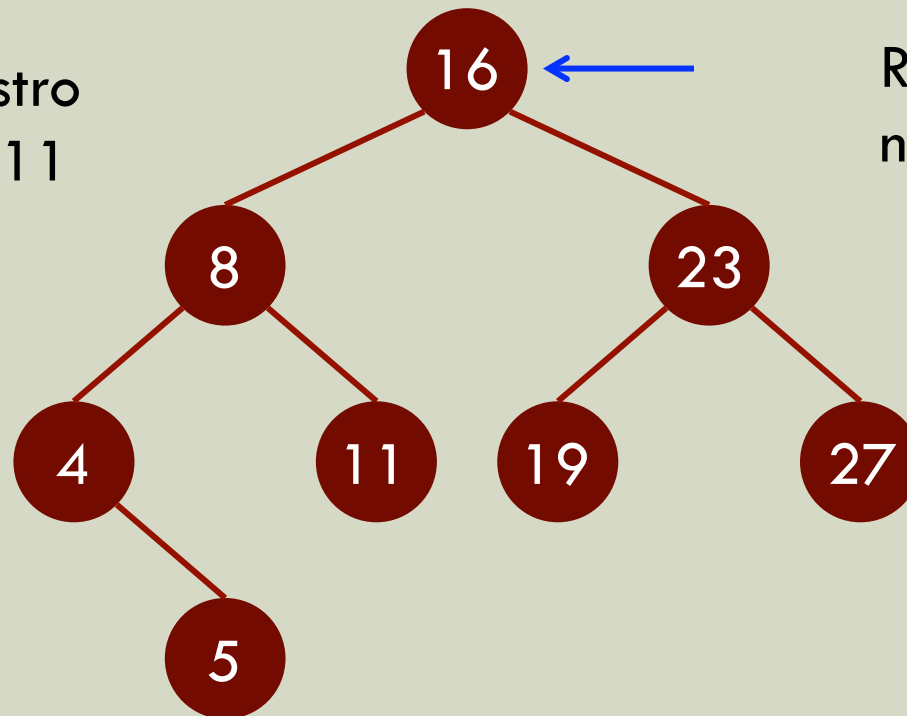
Chave do registro
a ser inserido: 11



Atribui a
nova
subárvore ao
seu filho da
esquerda.

CLASSE ABB – INSERÇÃO

Chave do registro
a ser inserido: 11



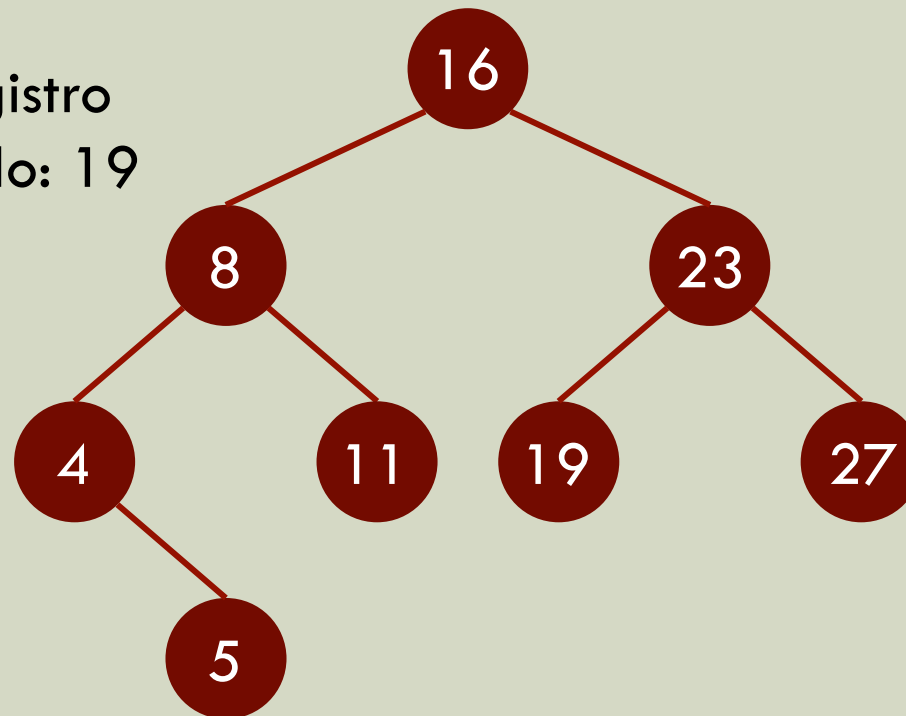
Retorna a
nova árvore.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

- Depende do **grau do nodo** que será removido:
 - **grau 0 (nó folha):**
 - **encontra-se o registro** que deve ser removido;
 - **remove-se o registro** da árvore.

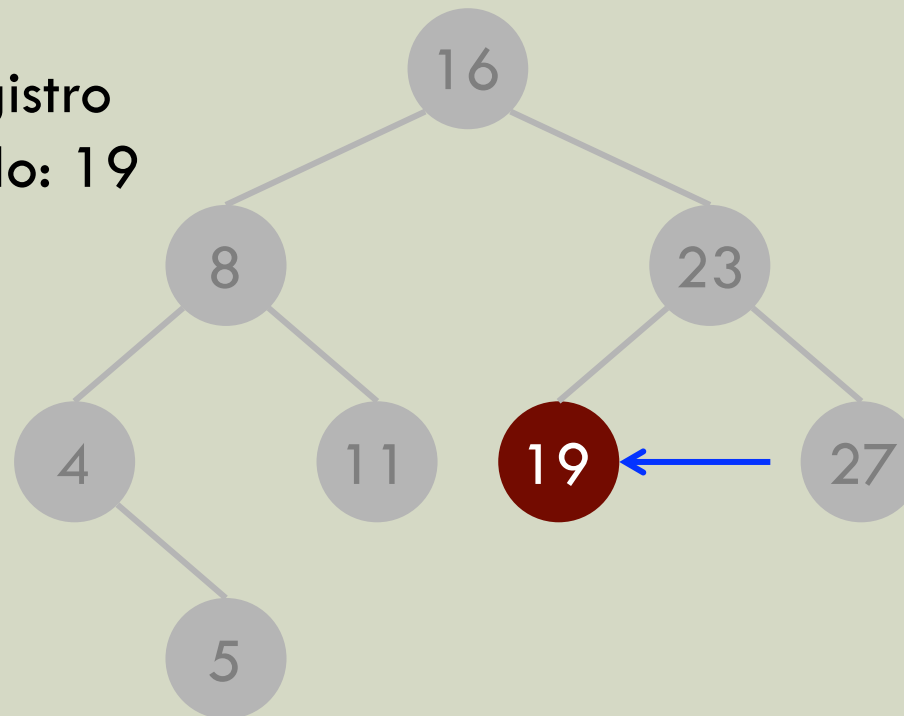
CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 19



CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 19

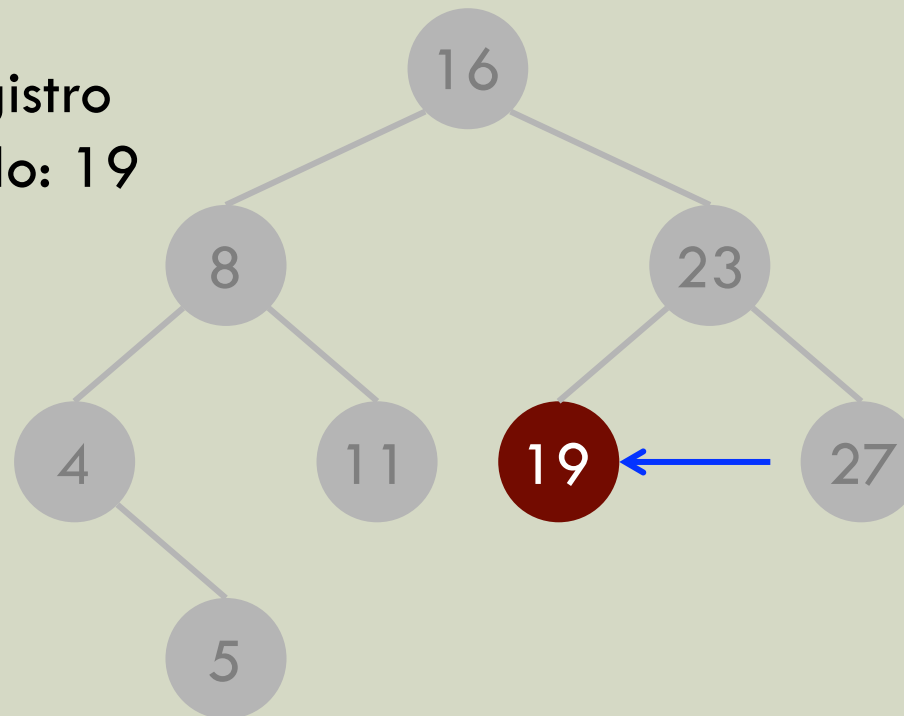


Encontra-se o
registro que
deve ser
removido.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

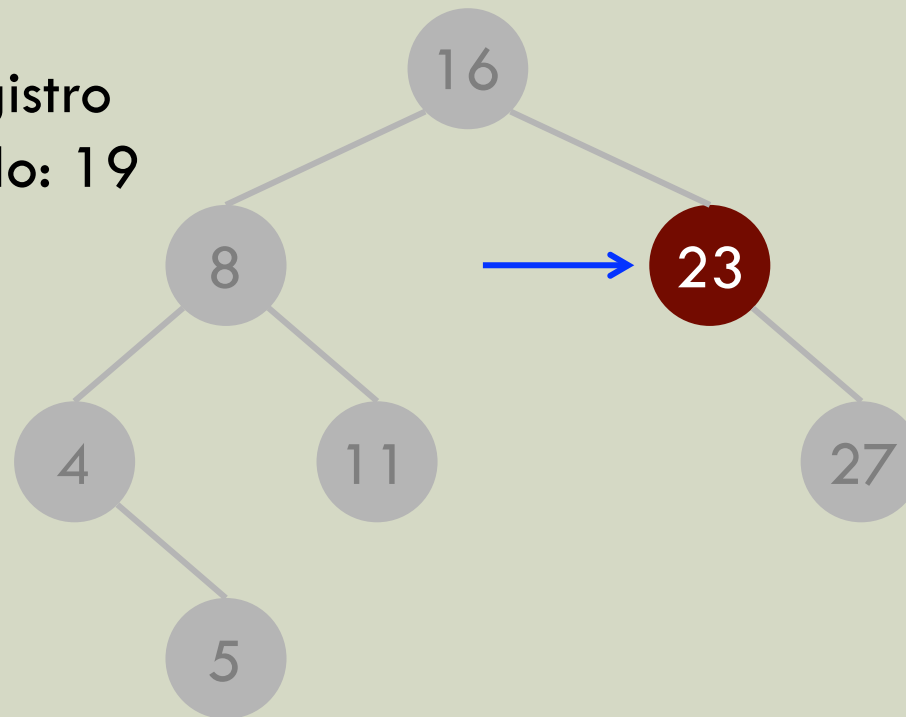
Chave do registro
a ser removido: 19

Retorna *null*
para seu pai.



CLASSE ABB – REMOÇÃO

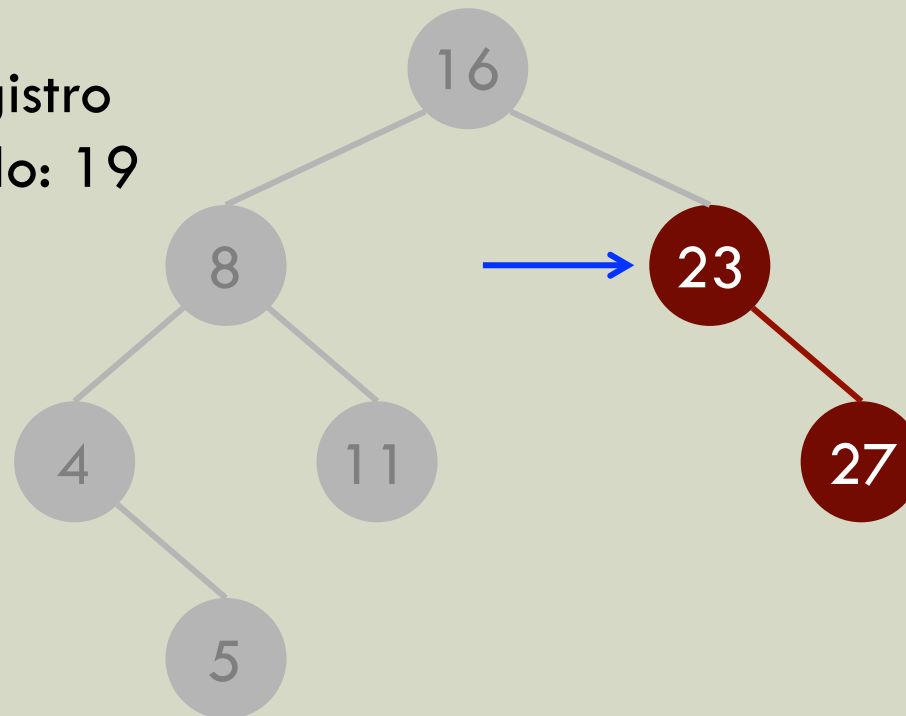
Chave do registro
a ser removido: 19



Atribui *null* ao
seu filho da
esquerda.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

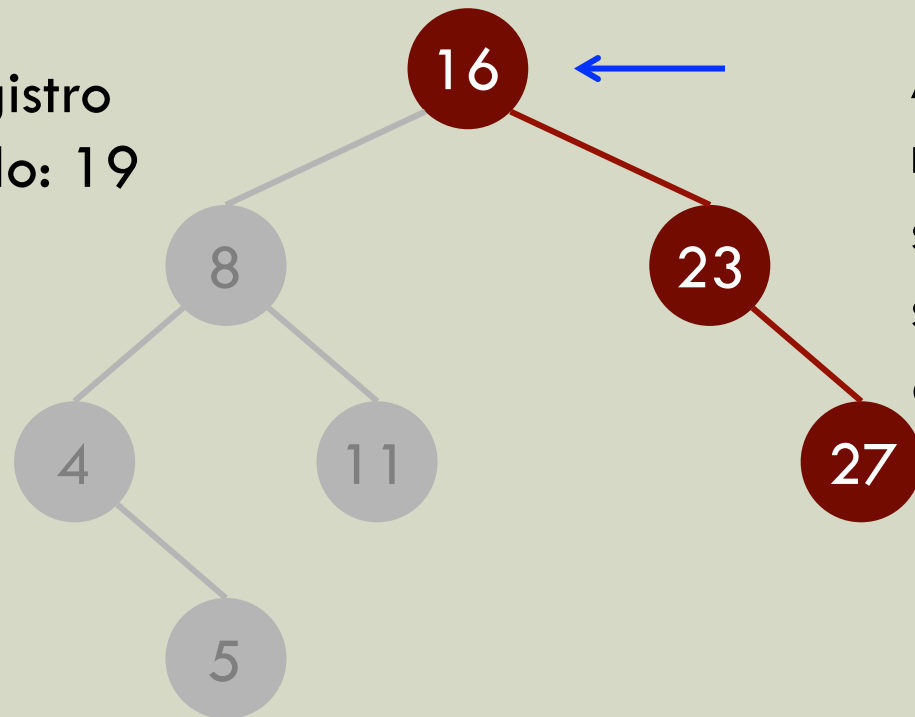
Chave do registro
a ser removido: 19



Retorna a
nova
subárvore
para seu pai.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

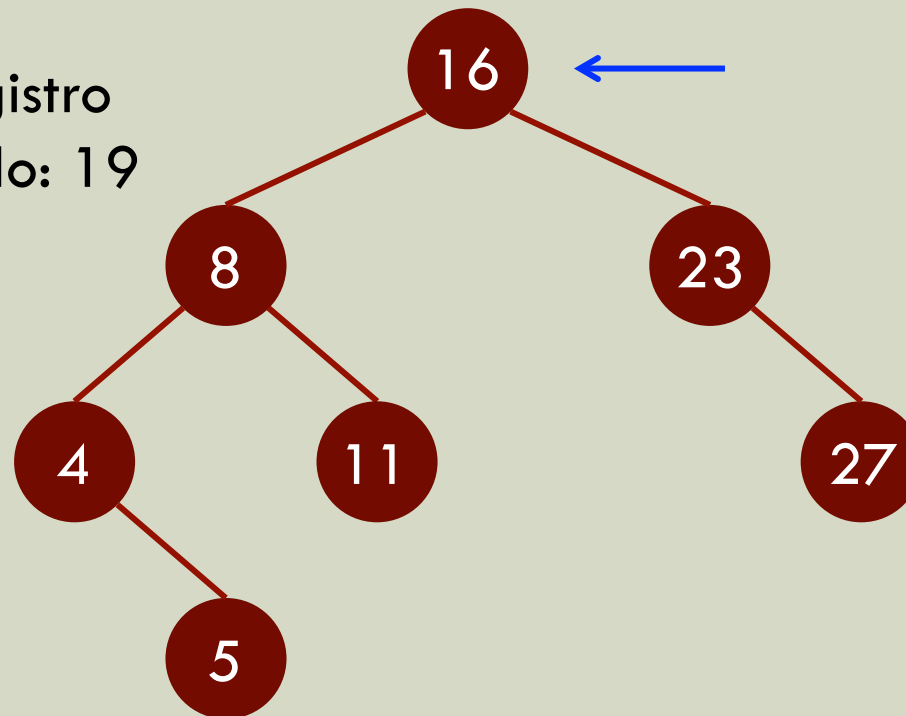
Chave do registro
a ser removido: 19



Atribui a
nova
subárvore ao
seu filho da
direita.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 19



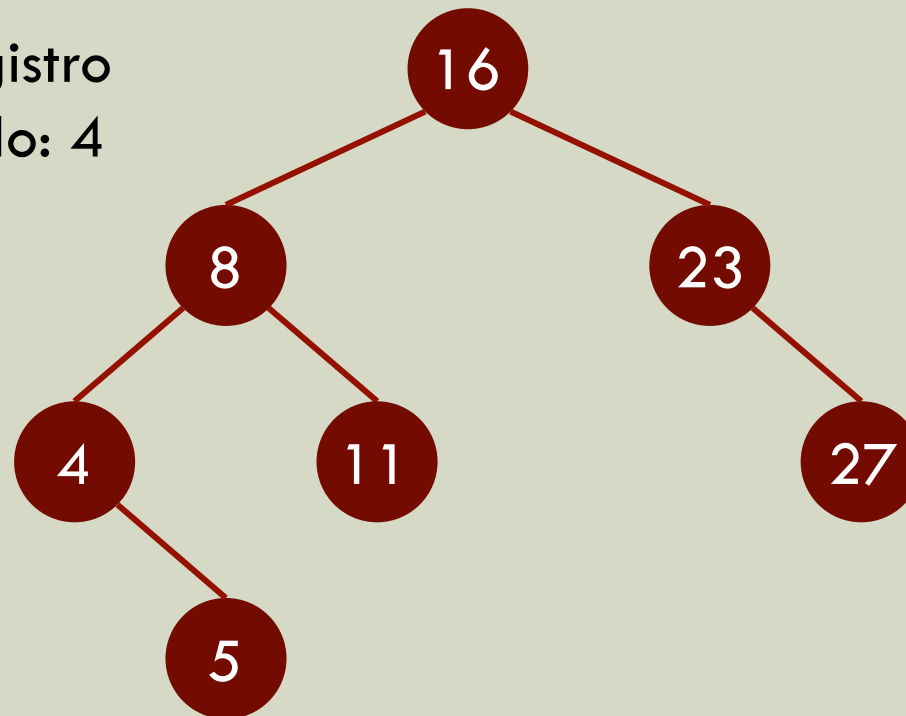
Retorna a
nova árvore.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

- Depende do **grau do nodo** que será removido:
 - **grau 1:**
 - **não se pode deixar seu filho “órfão”:**
 - o pai do nodo removido “adota” o único filho que esse nodo apresentava;
 - o único filho do nodo removido fica em seu lugar.

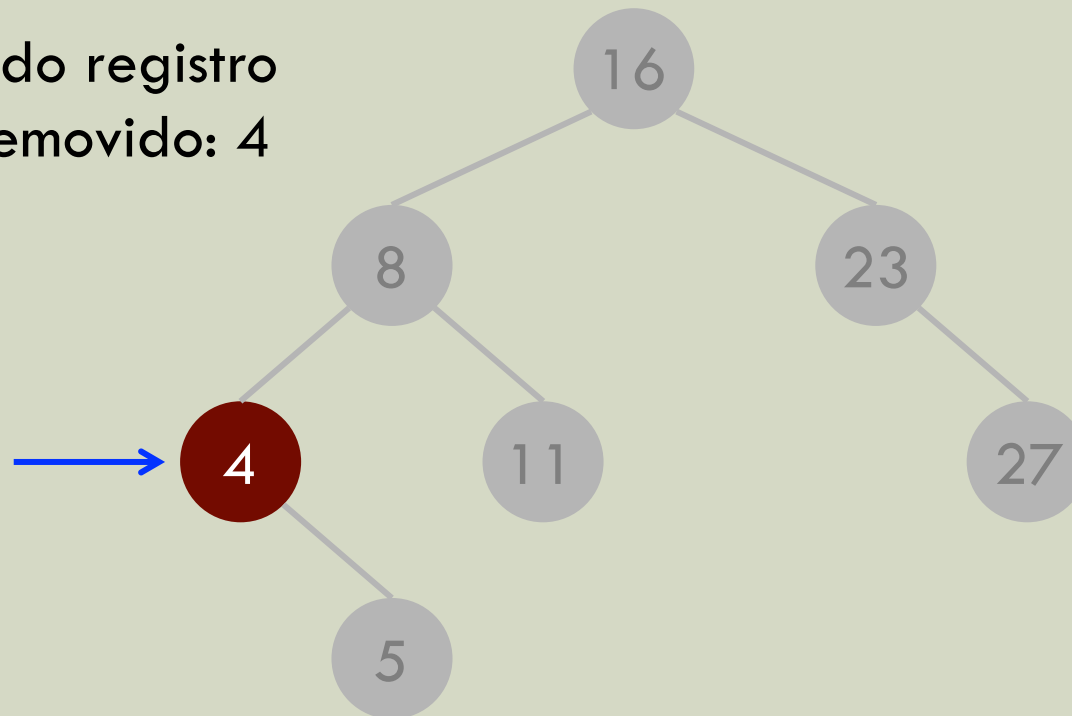
CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 4



CLASSE ABB – REMOÇÃO

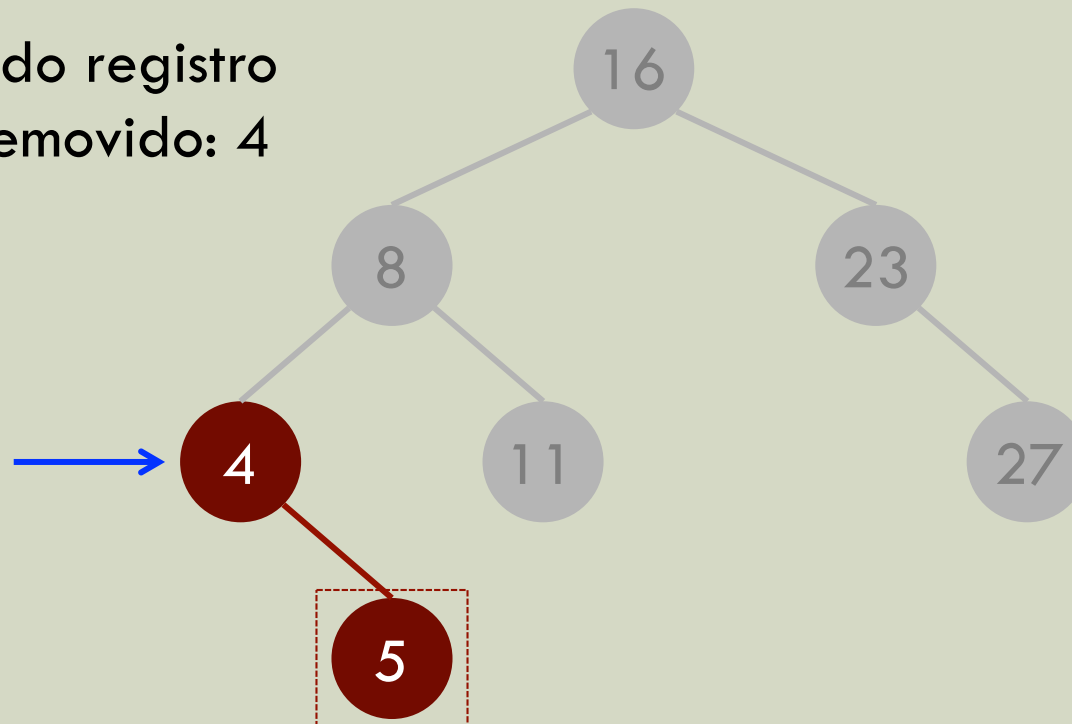
Chave do registro
a ser removido: 4



Encontra-se o
registro que
deve ser
removido.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

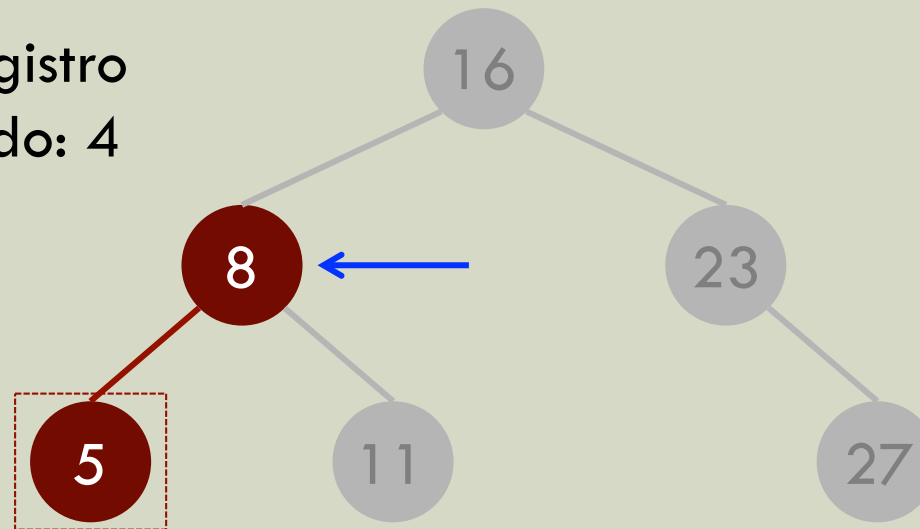
Chave do registro
a ser removido: 4



Retorna seu
único filho para
seu pai.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

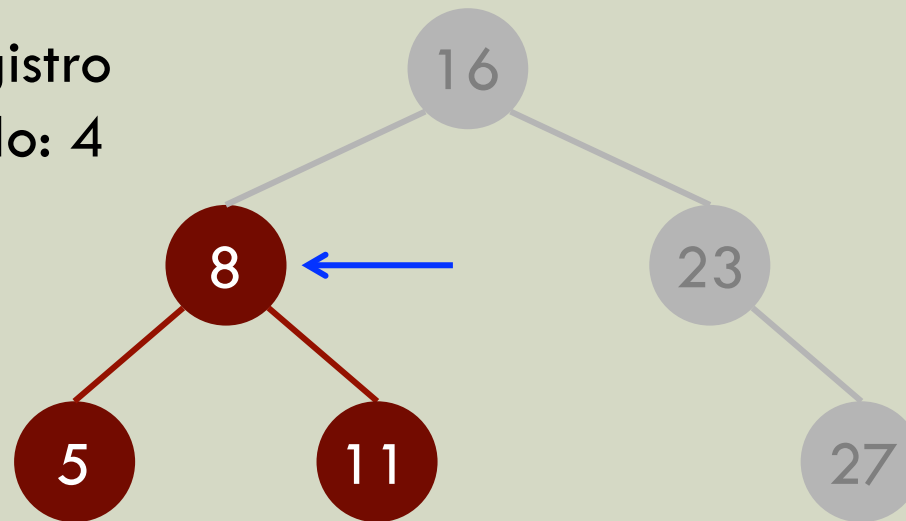
Chave do registro
a ser removido: 4



Atribui a nova
subárvore ao
seu filho da
esquerda.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

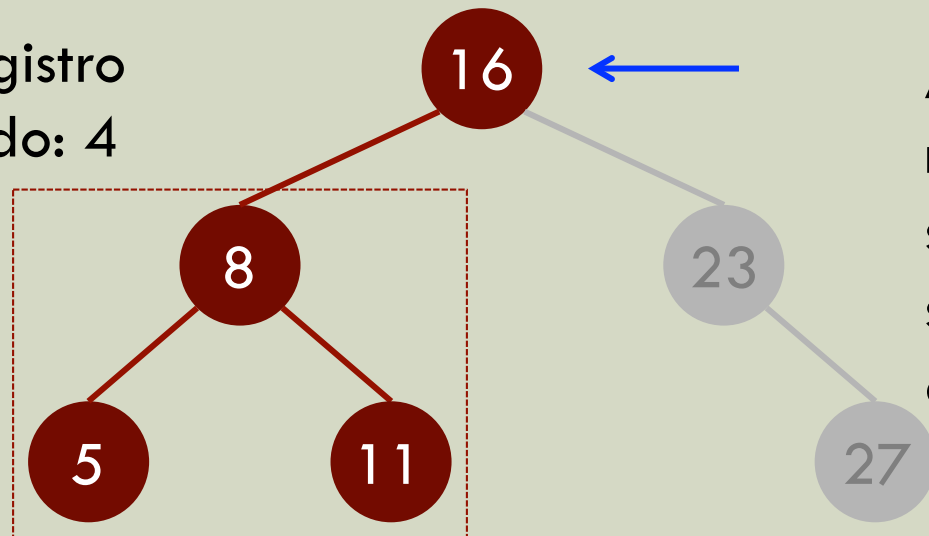
Chave do registro
a ser removido: 4



Retorna a
nova
subárvore
para seu pai.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

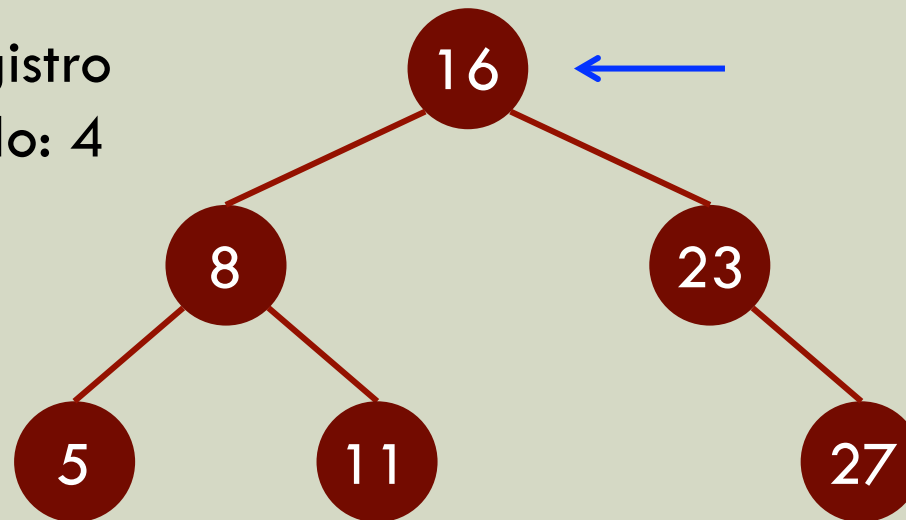
Chave do registro
a ser removido: 4



Atribui a
nova
subárvore ao
seu filho da
esquerda.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 4



Retorna a
nova árvore.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

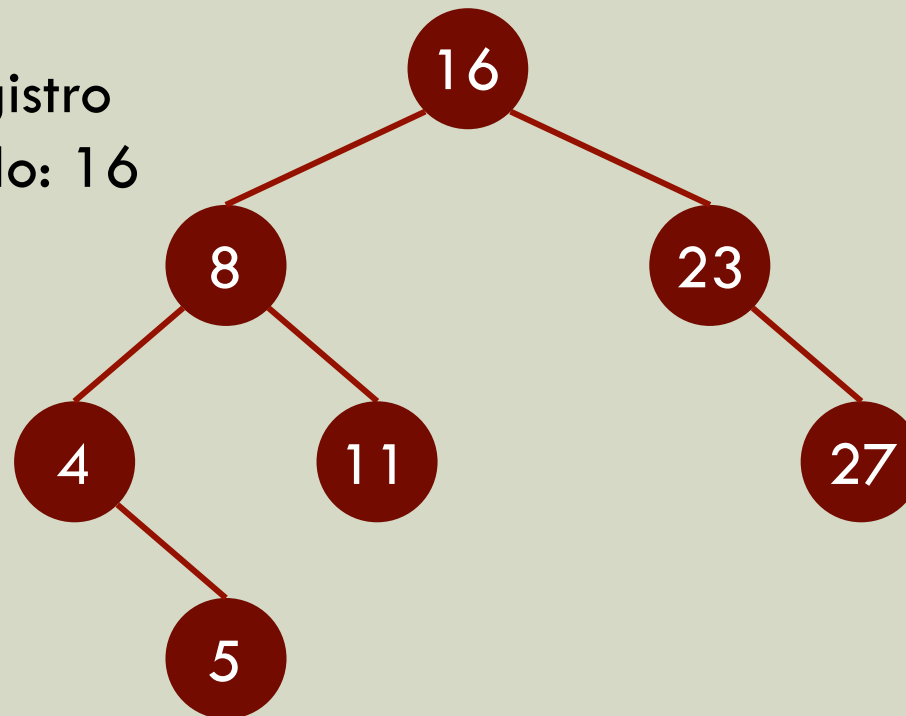
- Depende do **grau do nodo** que será removido:
 - **grau 2:**
 - tem-se **dois “órfãos”!**

CLASSE ABB – REMOÇÃO

- **Procura-se:**
 - **antecessor** do registro que será removido;
 - registro mais à direita na subárvore esquerda;
 - **ou sucessor;**
 - registro mais à esquerda na subárvore direita.
- **Substitui-se o registro a ser eliminado pelo seu antecessor ou sucessor;**
 - **e elimina-se o antecessor (ou sucessor) da árvore.**

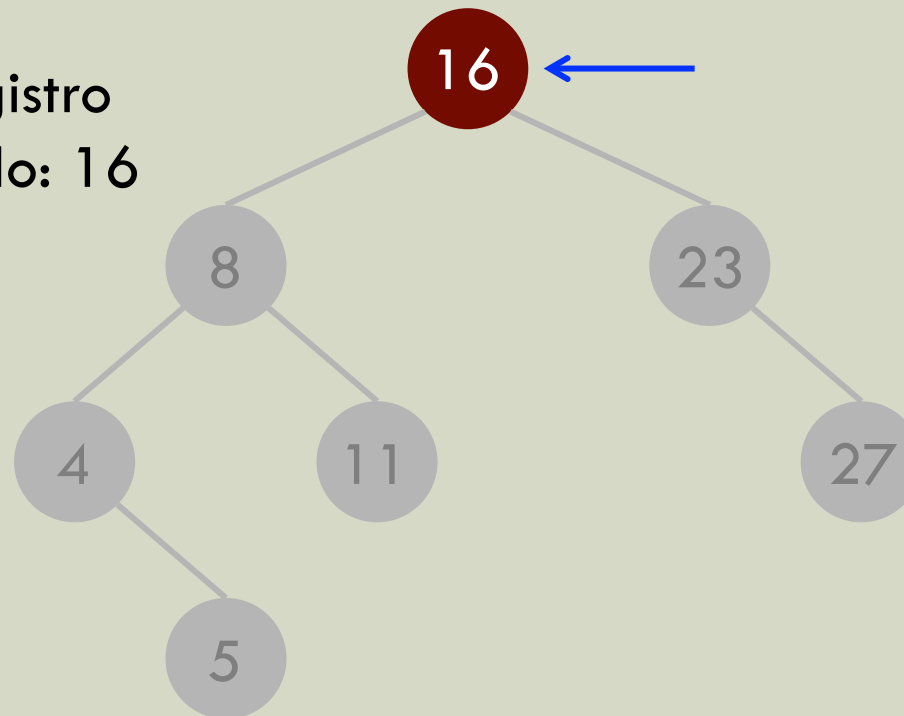
CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 16



CLASSE ABB – REMOÇÃO

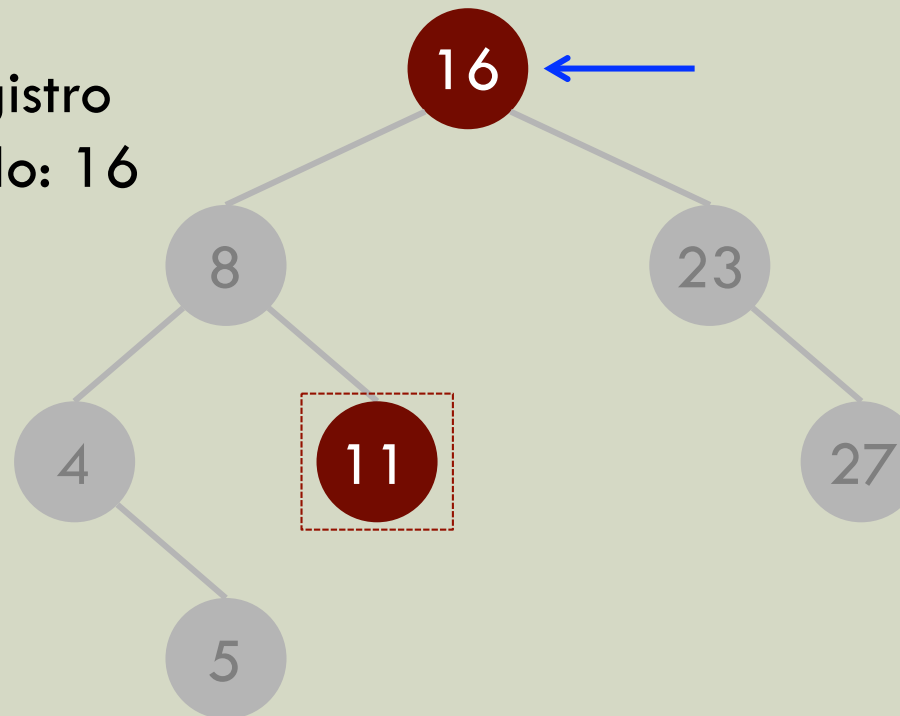
Chave do registro
a ser removido: 16



Encontra-se o
registro que
deve ser
removido.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

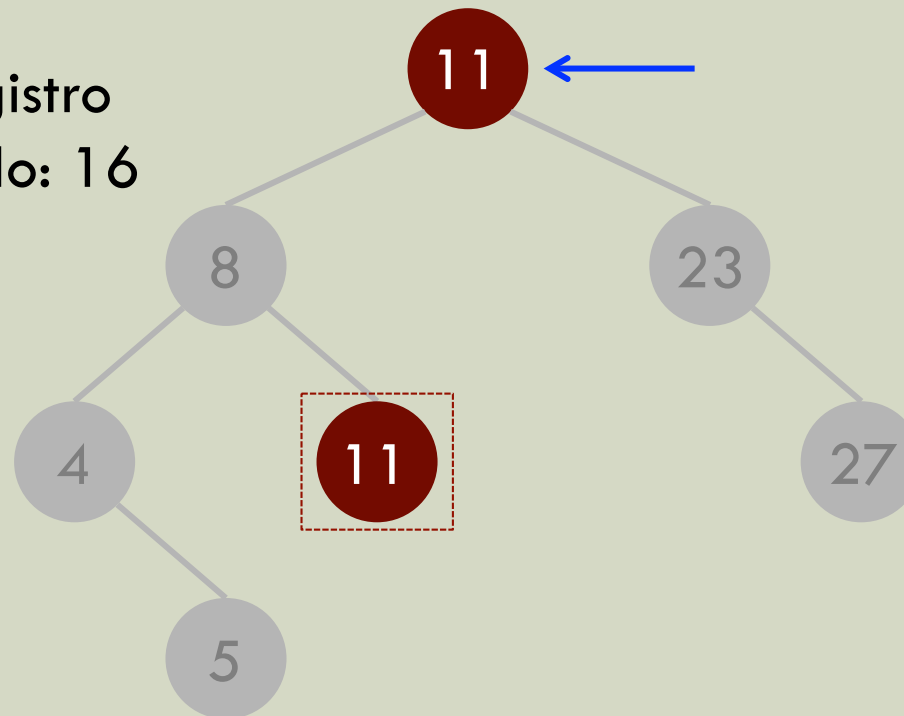
Chave do registro
a ser removido: 16



Encontra-se seu
antecessor:
registro mais à
direita na
subárvore
esquerda.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

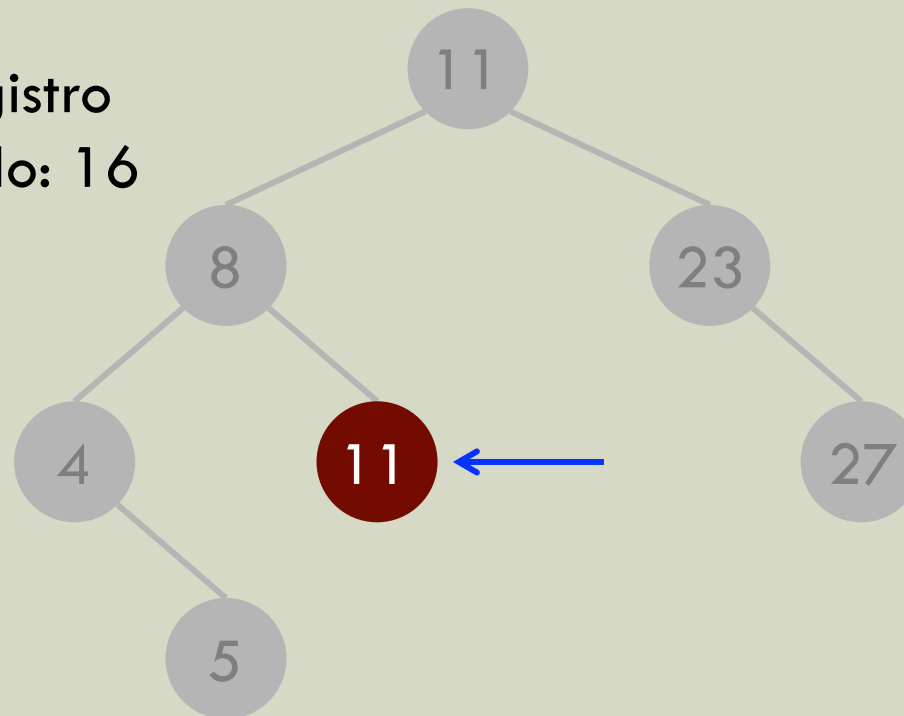
Chave do registro
a ser removido: 16



Substitui-se o
registro a ser
eliminado pelo
seu antecessor.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

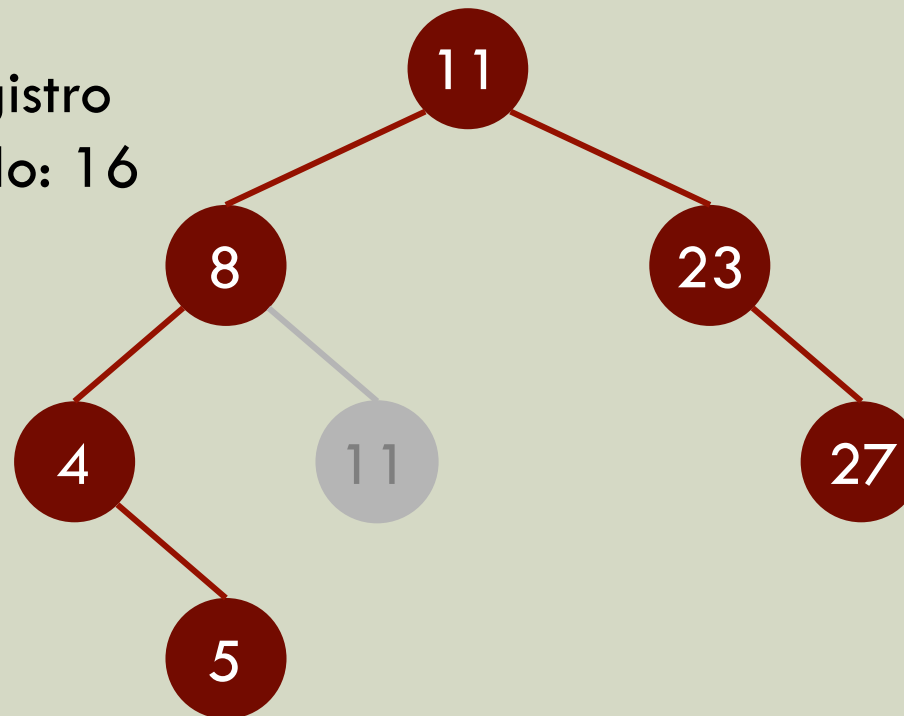
Chave do registro
a ser removido: 16



Elimina-se o
antecessor da
árvore.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

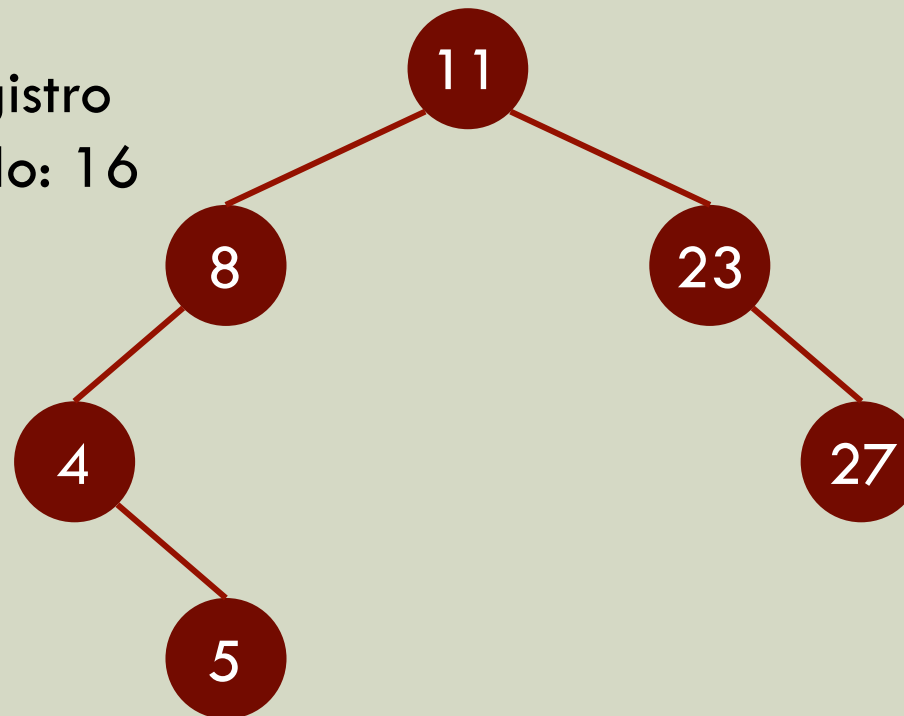
Chave do registro
a ser removido: 16



Elimina-se o
antecessor da
árvore.

CLASSE ABB – REMOÇÃO

Chave do registro
a ser removido: 16



Elimina-se o
antecessor da
árvore.

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO

- **Percorre todos os nodos da árvore;**
 - **imprimindo o conteúdo de seus registros.**
- **A ordem de visita às subárvores;**
 - **determina resultados diferentes para o caminhamento:**
 - **em-ordem;**
 - **pré-ordem;**
 - **pós-ordem.**

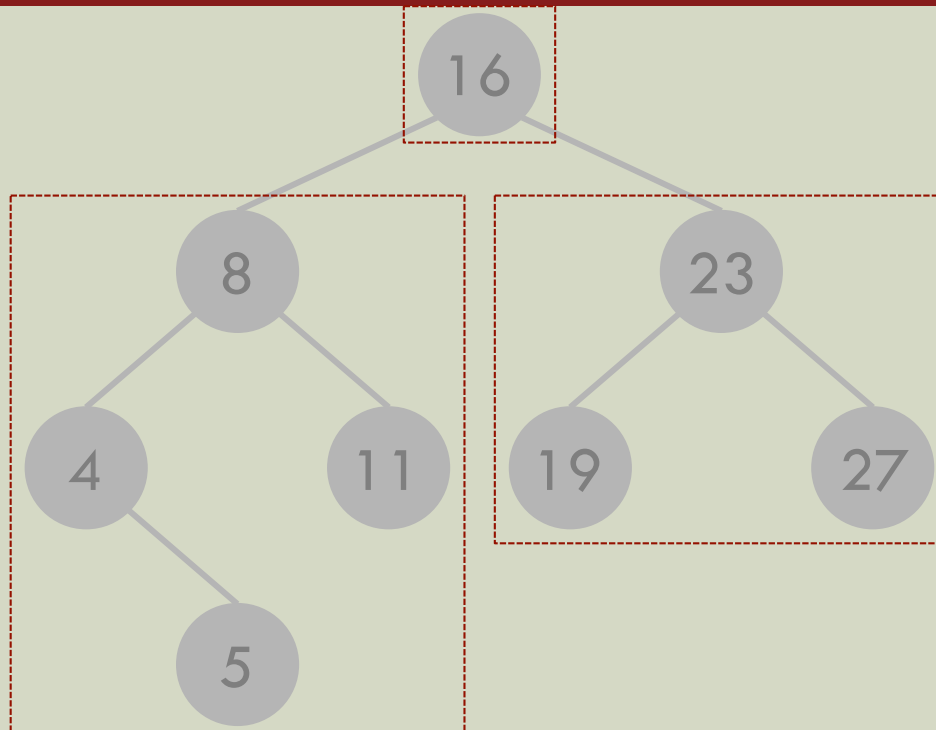
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM

- Também conhecido como **caminhamento central**.
- Ordem mais útil de caminhamento em árvores.
- Os **registros** armazenados na árvore são **visitados de forma ordenada;**
 - **crescente.**

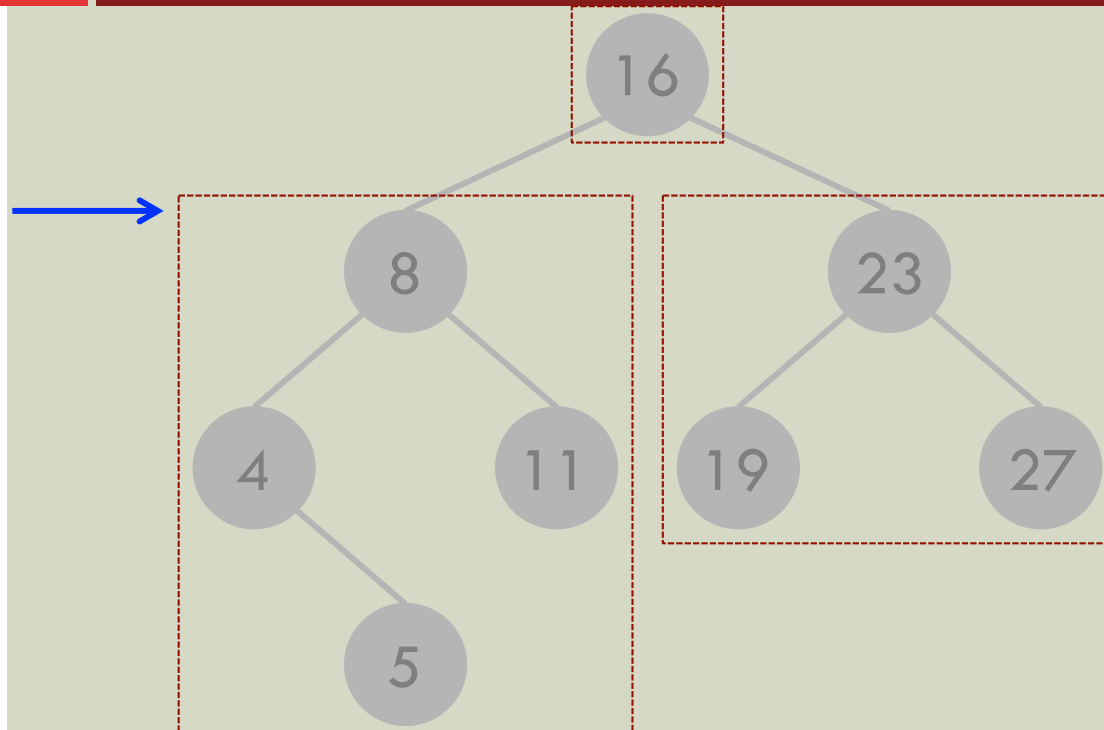
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM

- **Ordem de visita às subárvores:**
 - **subárvore esquerda;**
 - **raiz;**
 - **subárvore direita.**
- **Em cada subárvore, lista os registros sempre da esquerda para a direita.**
- **Melhor expresso em termos recursivos.**

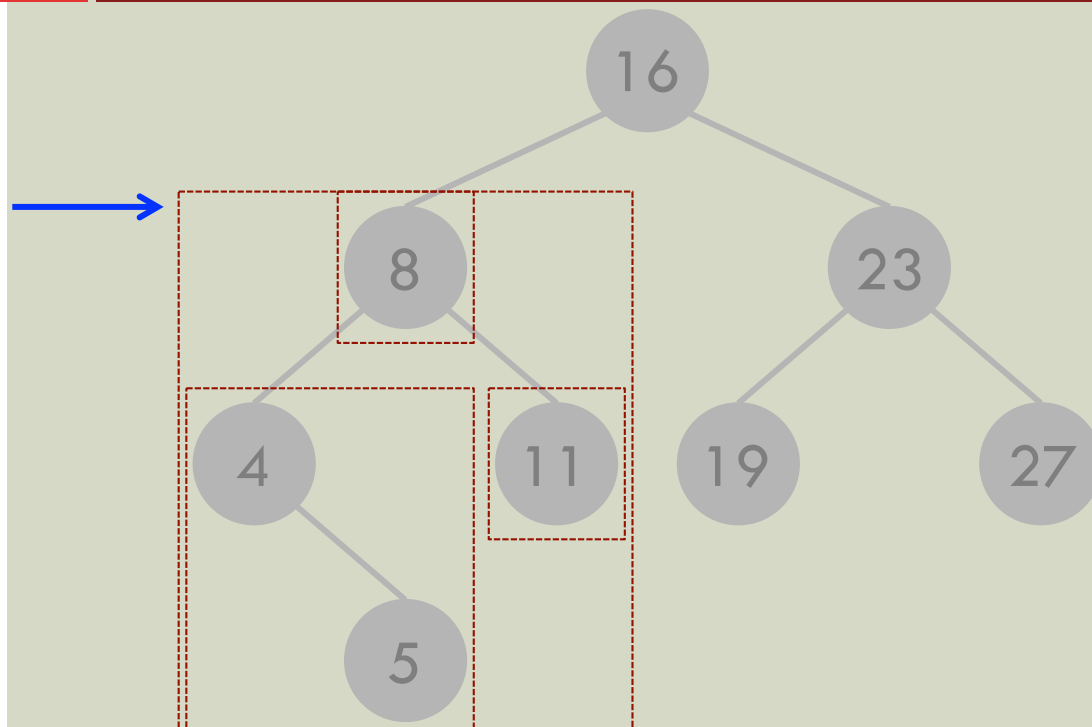
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



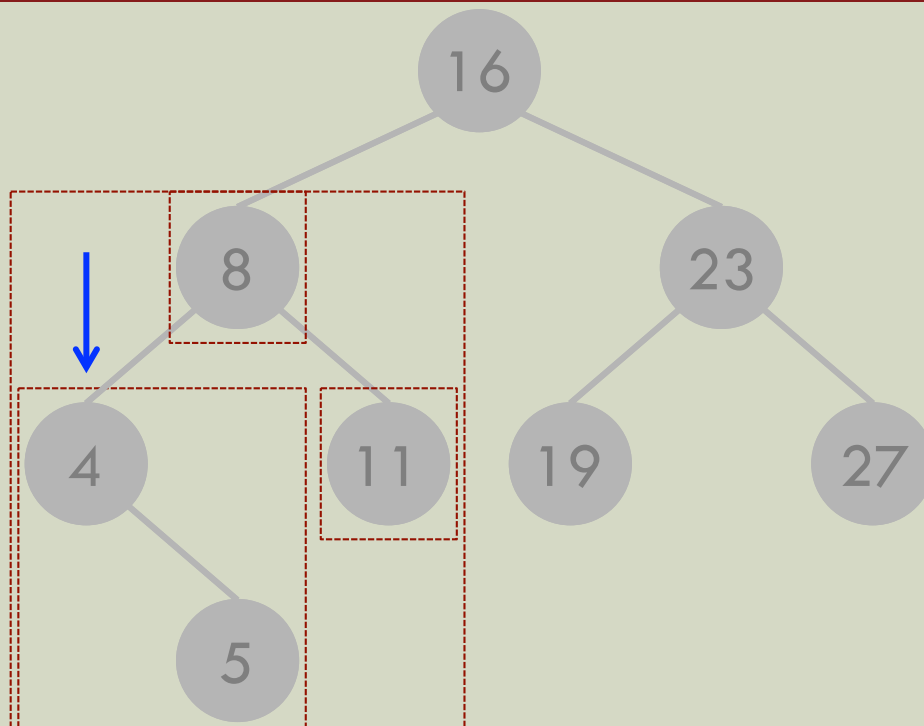
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



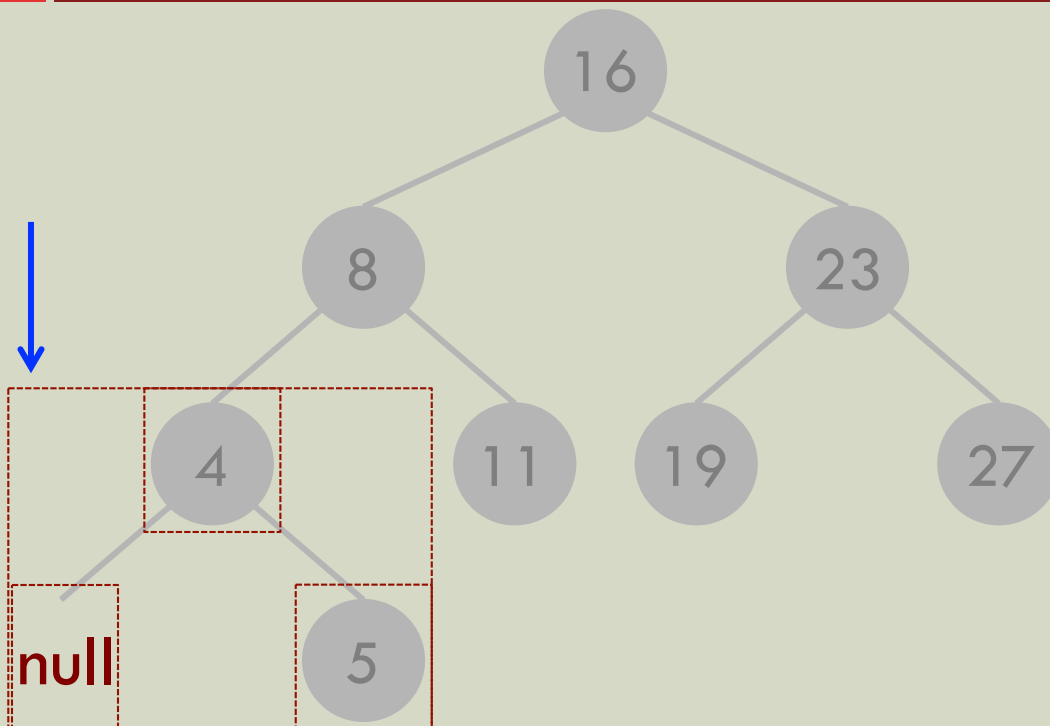
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



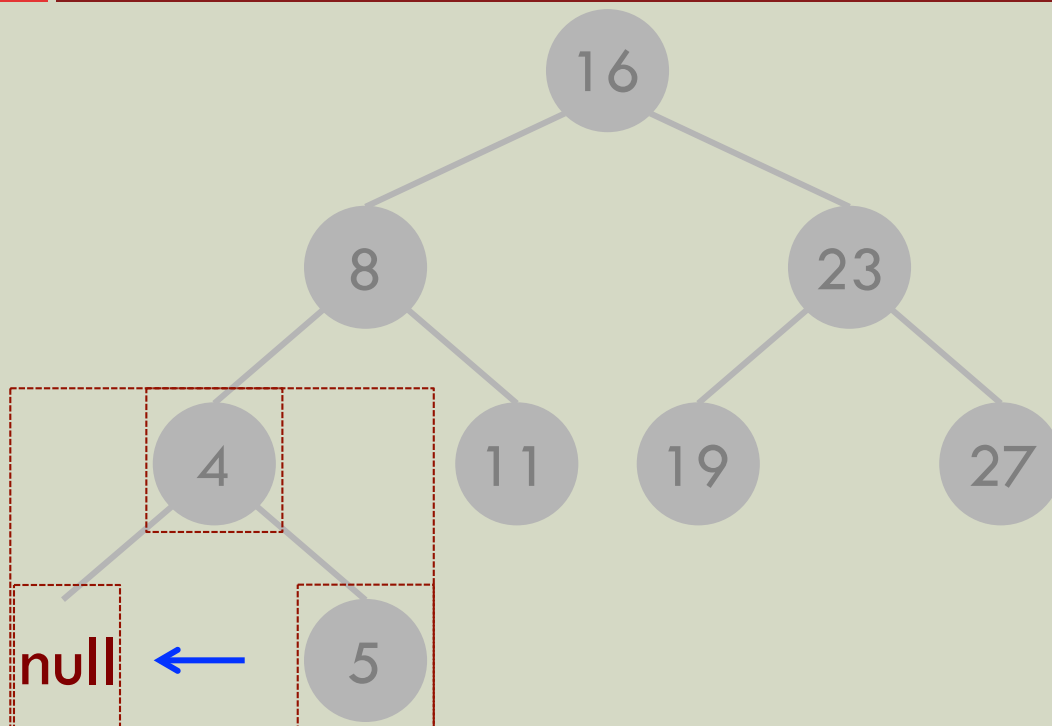
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



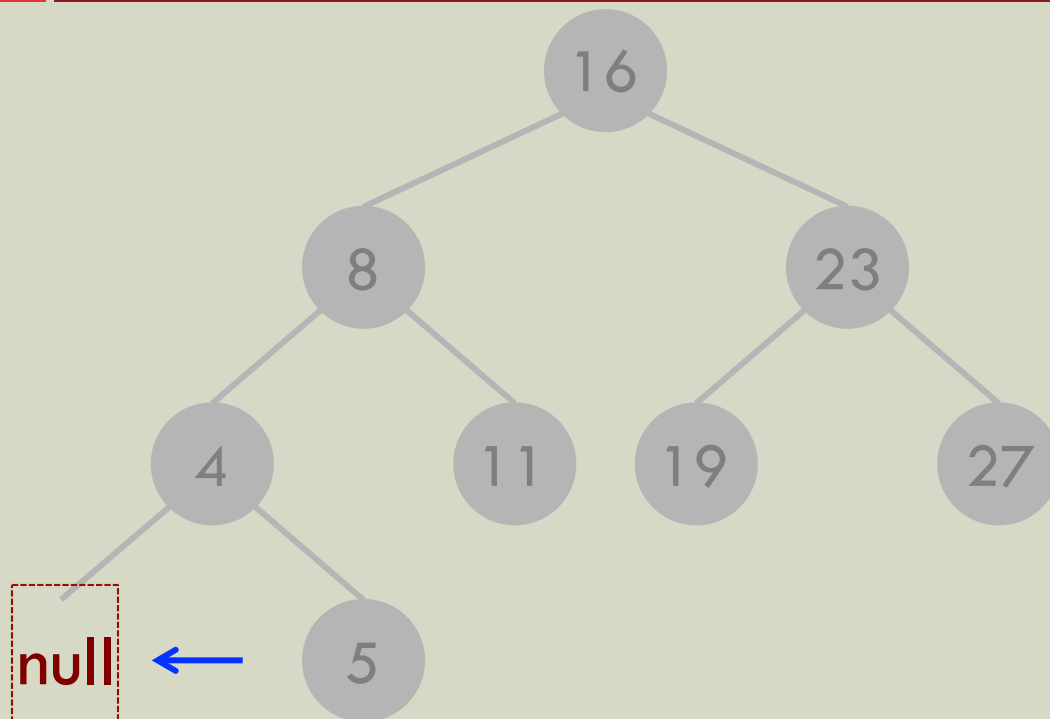
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



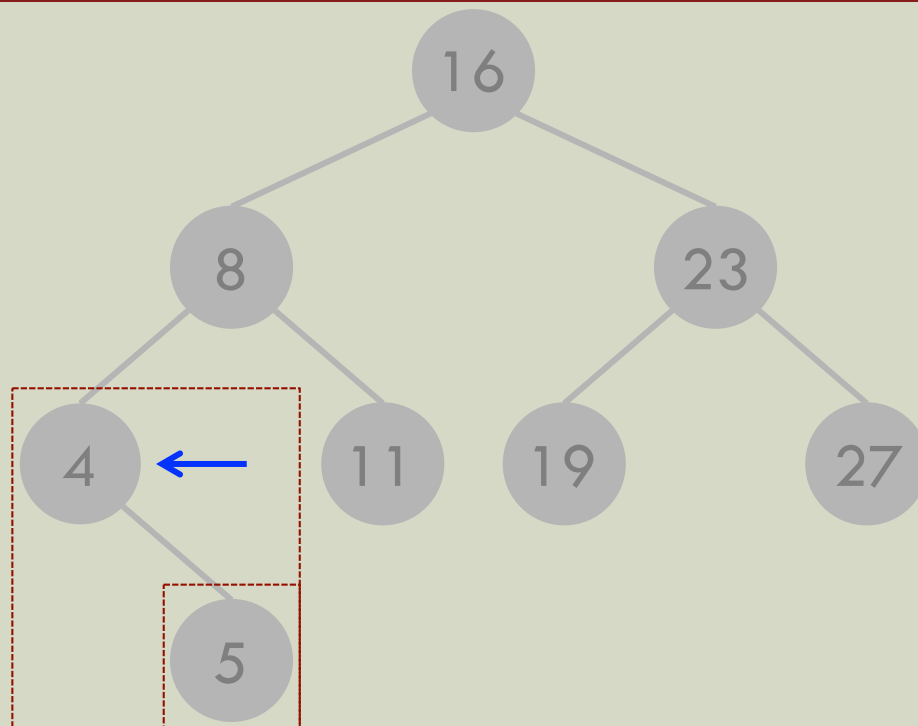
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



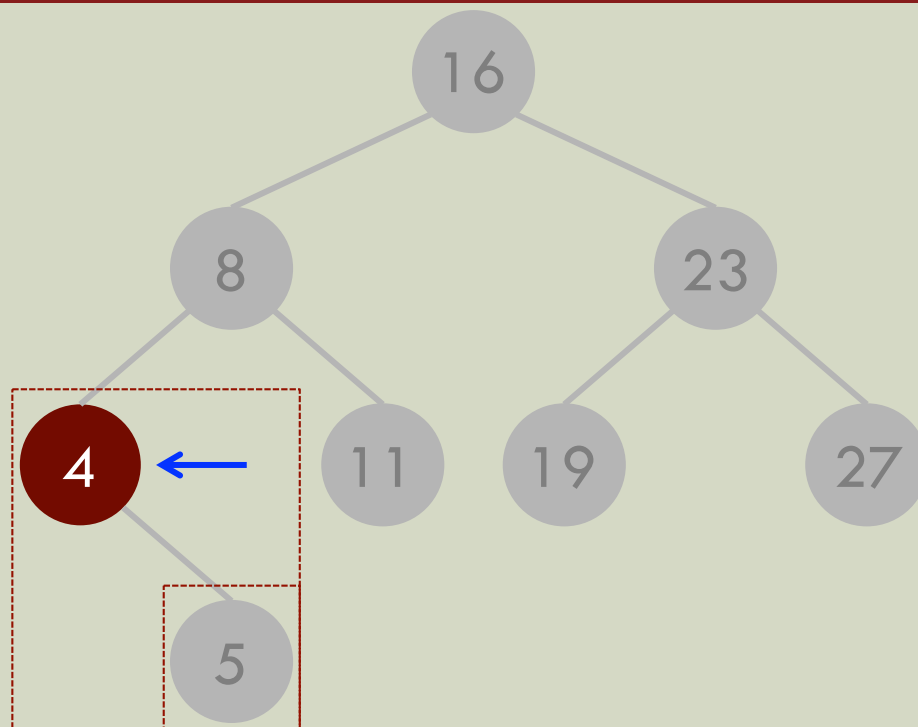
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



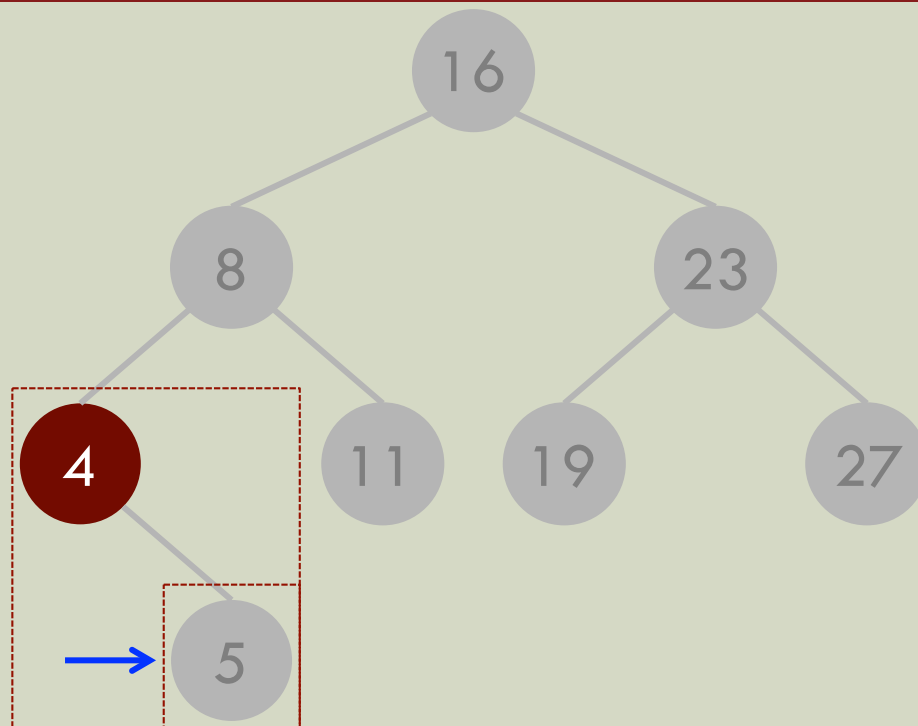
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4

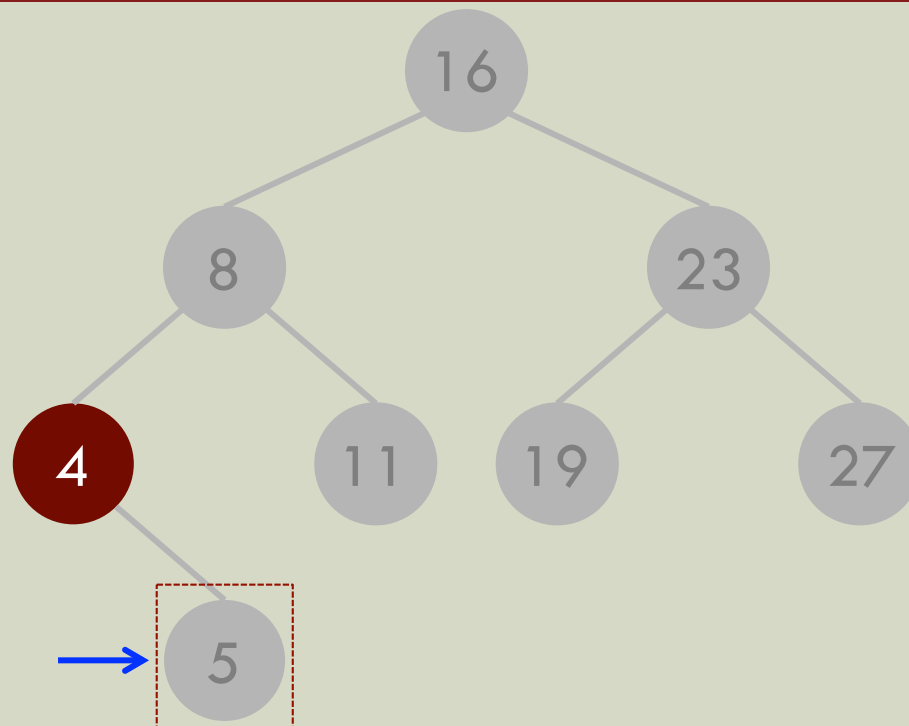
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4

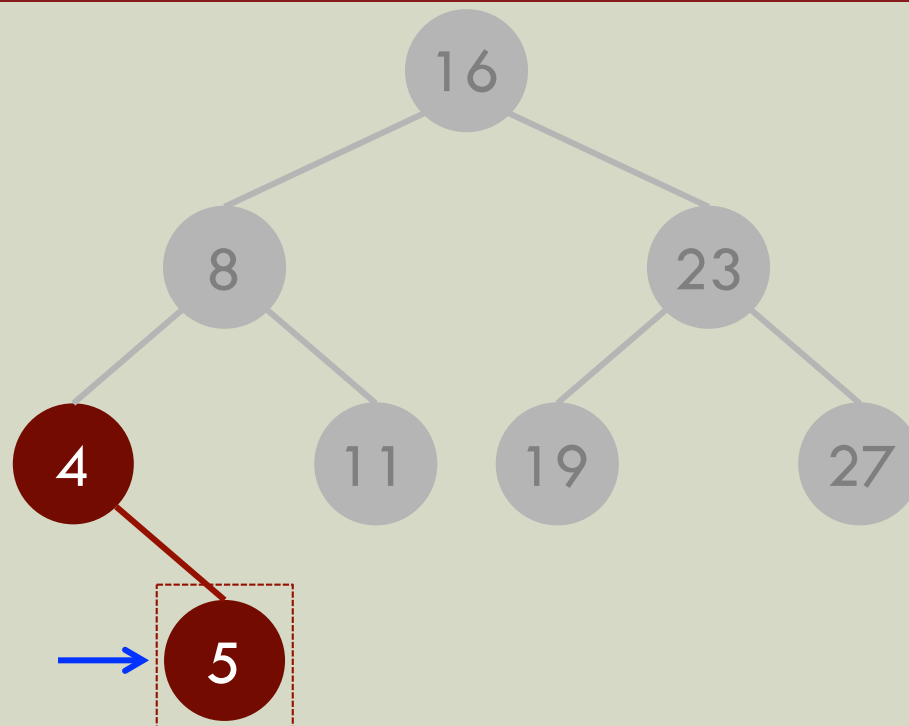
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

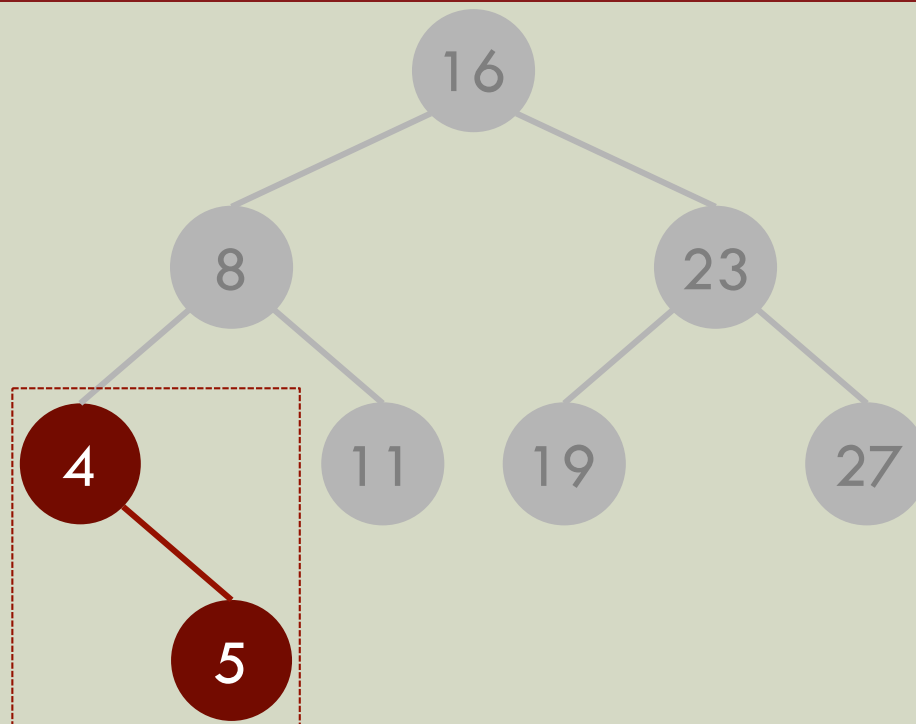
4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



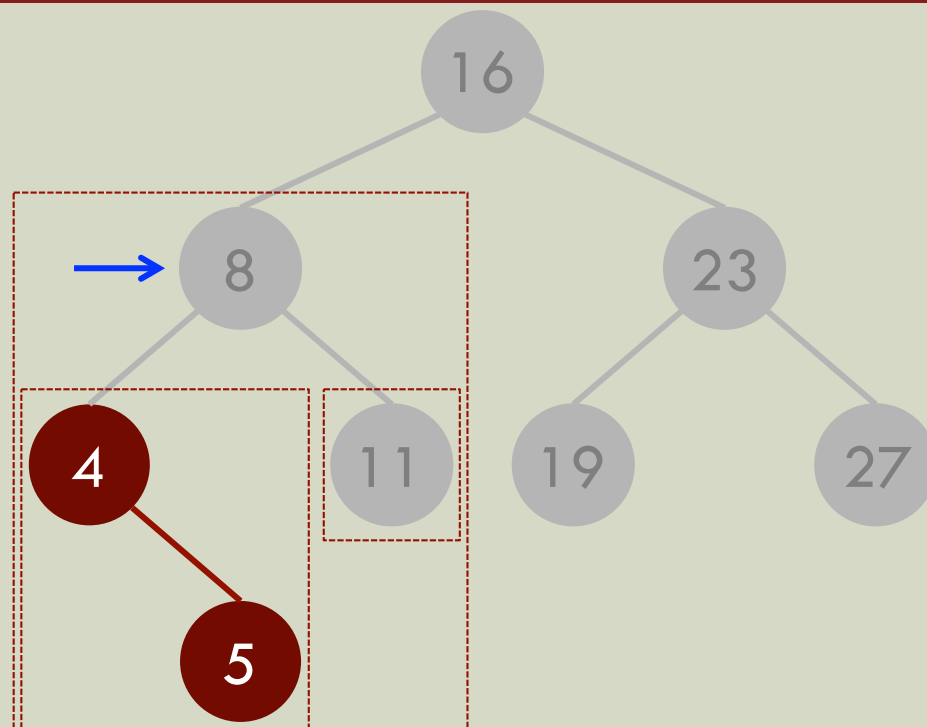
Impressão:
4 – 5

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



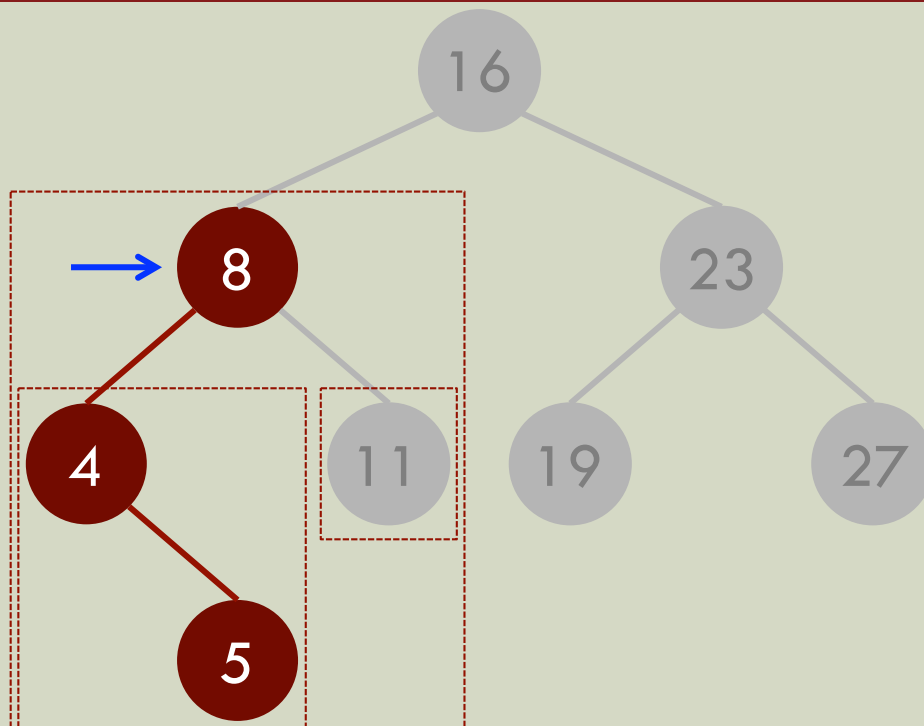
Impressão:
4 – 5

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



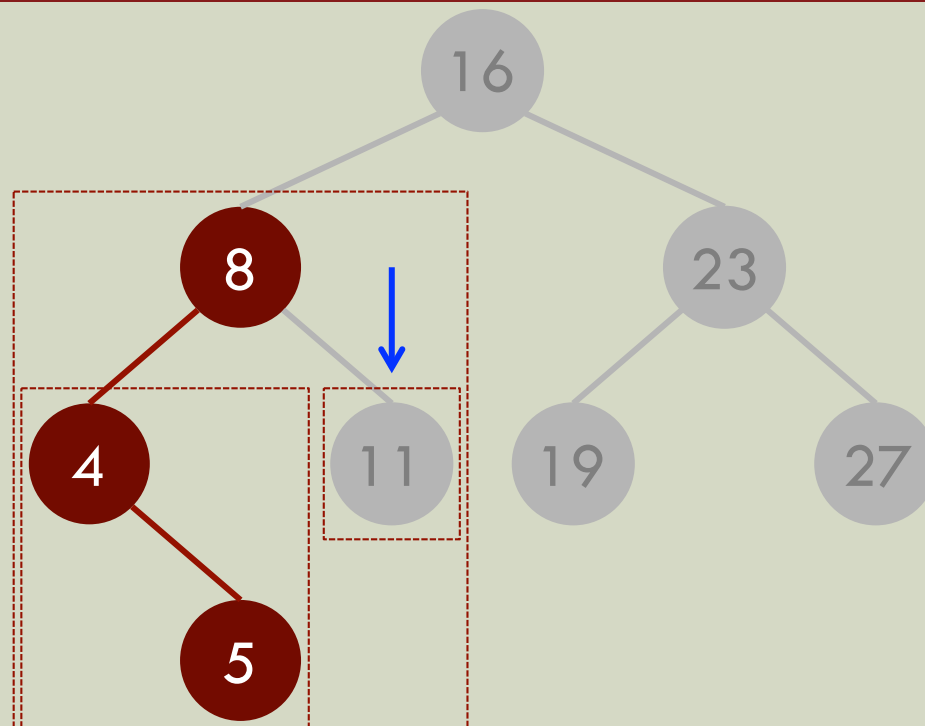
Impressão:
4 – 5

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



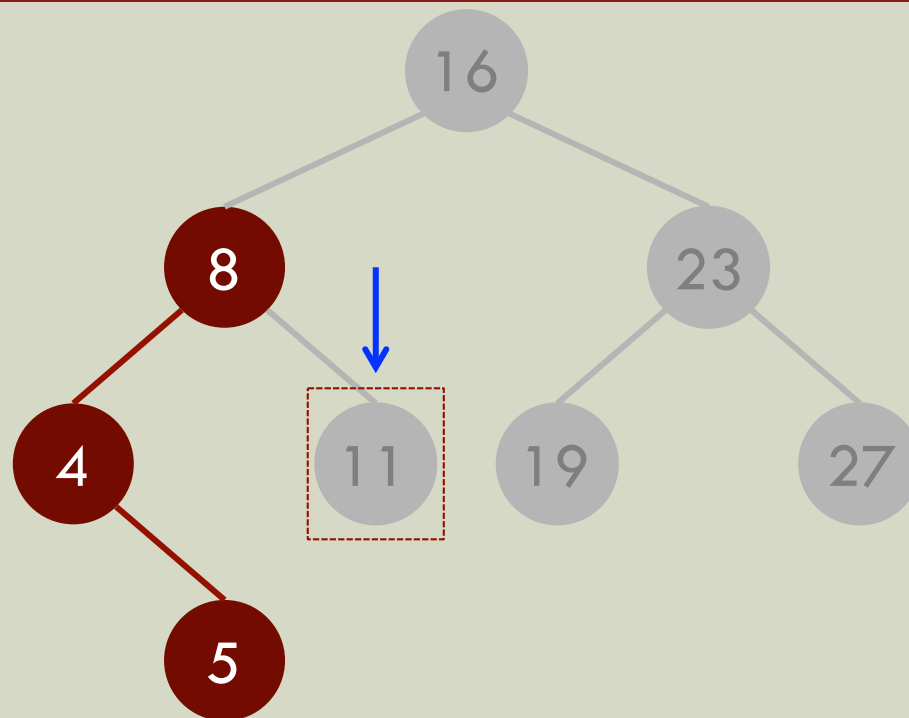
Impressão:
4 – 5 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



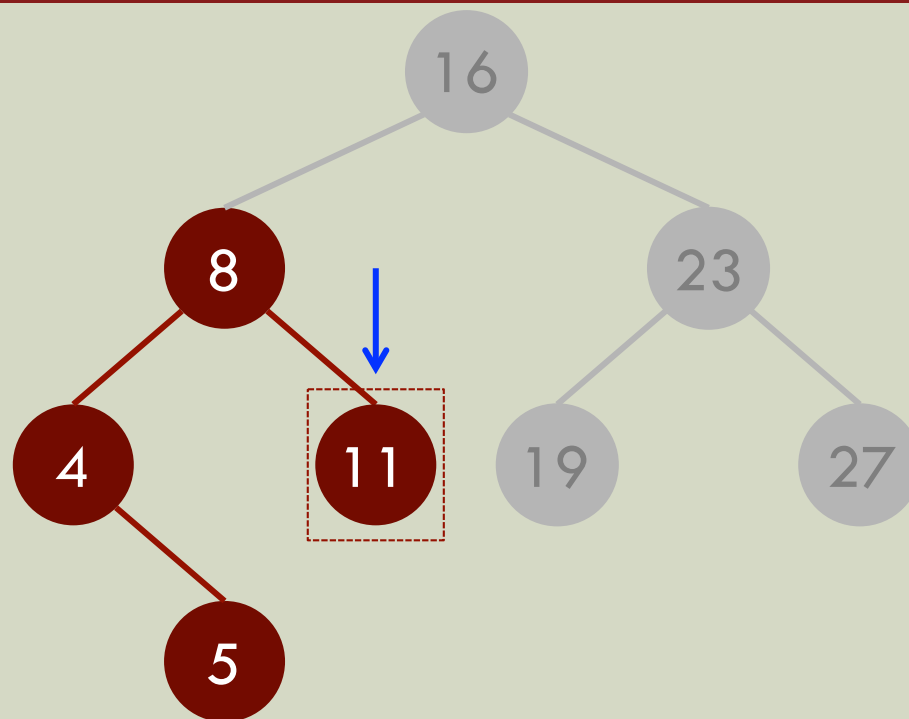
Impressão:
4 – 5 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:
4 – 5 – 8

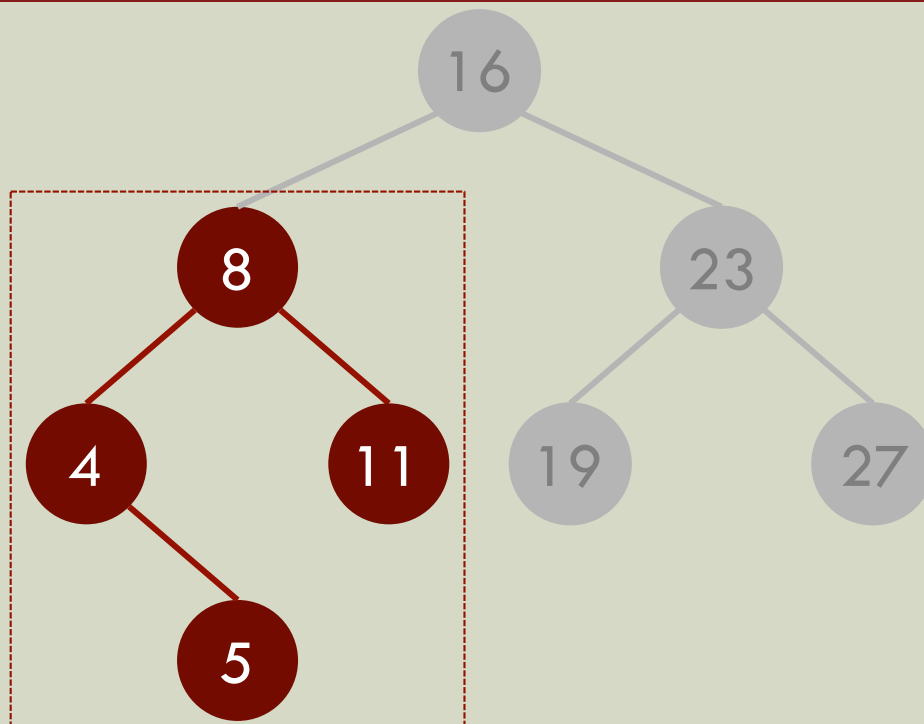
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11

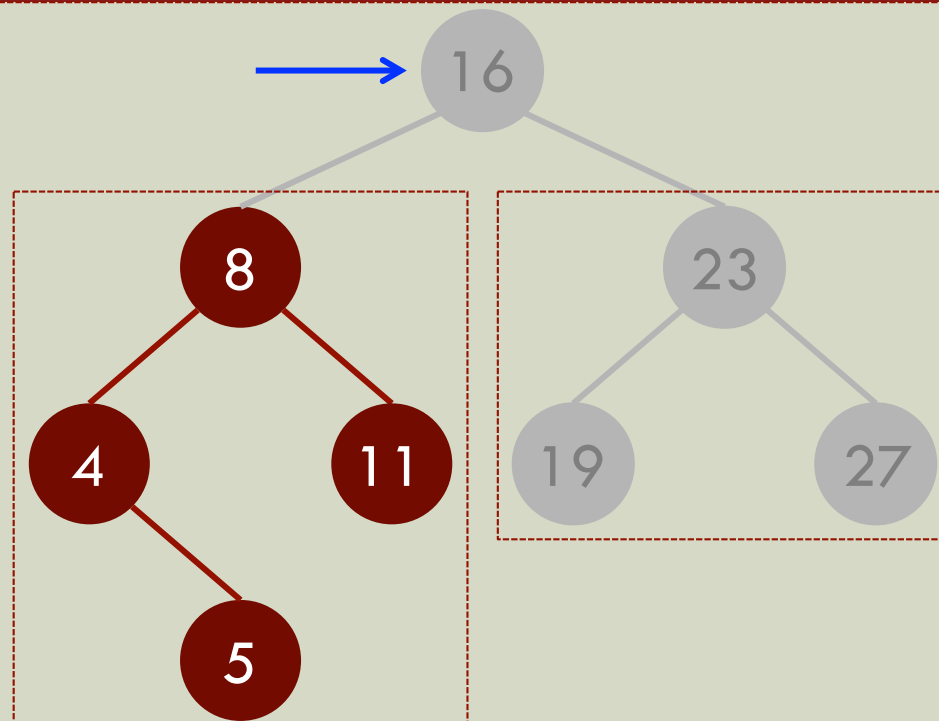
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11

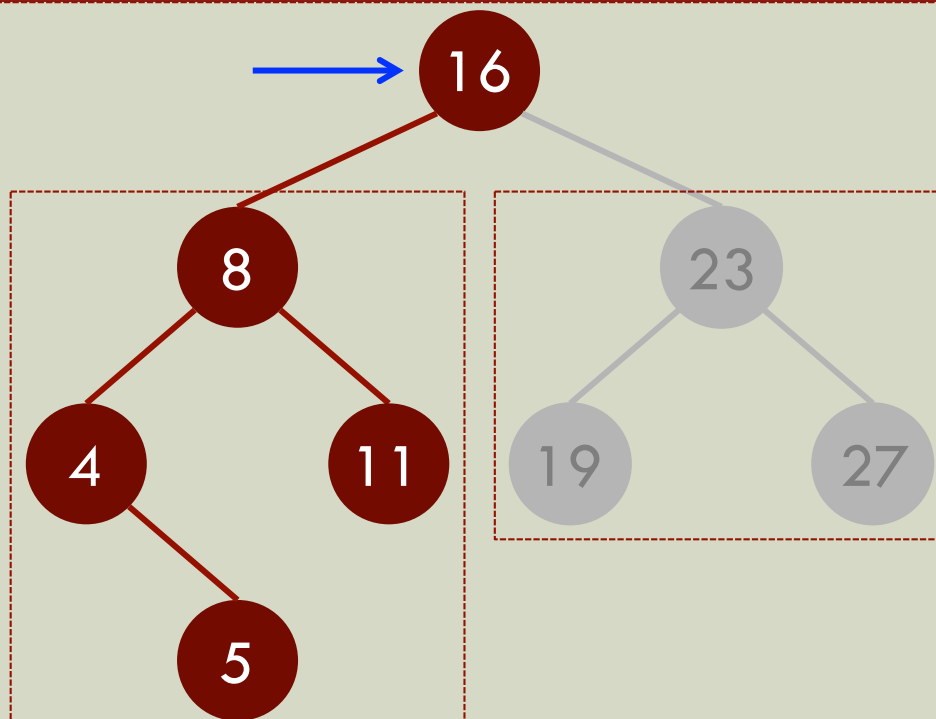
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11

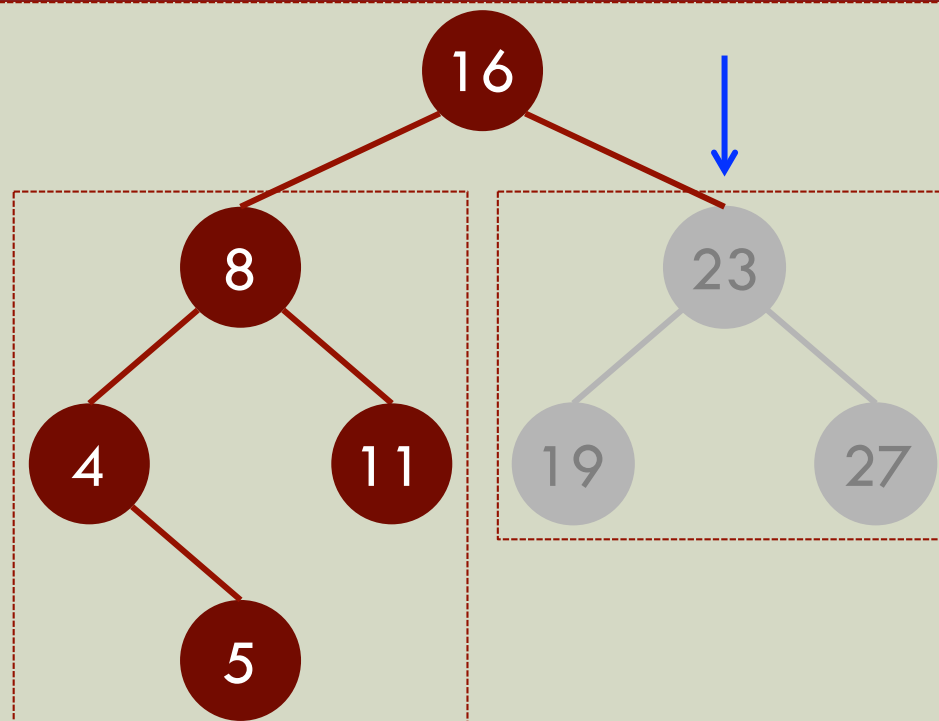
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16

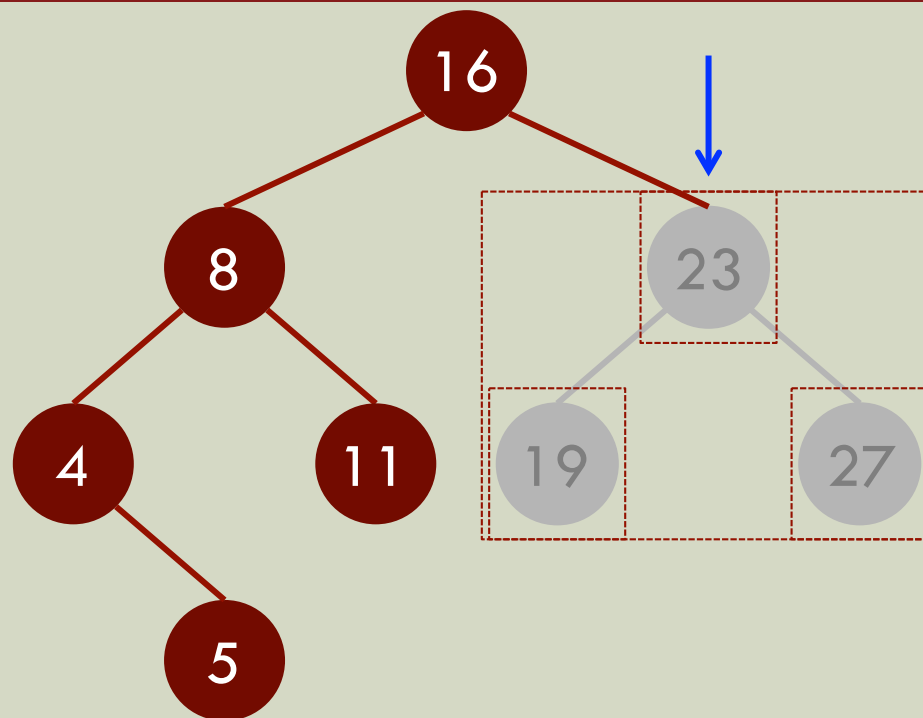
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16

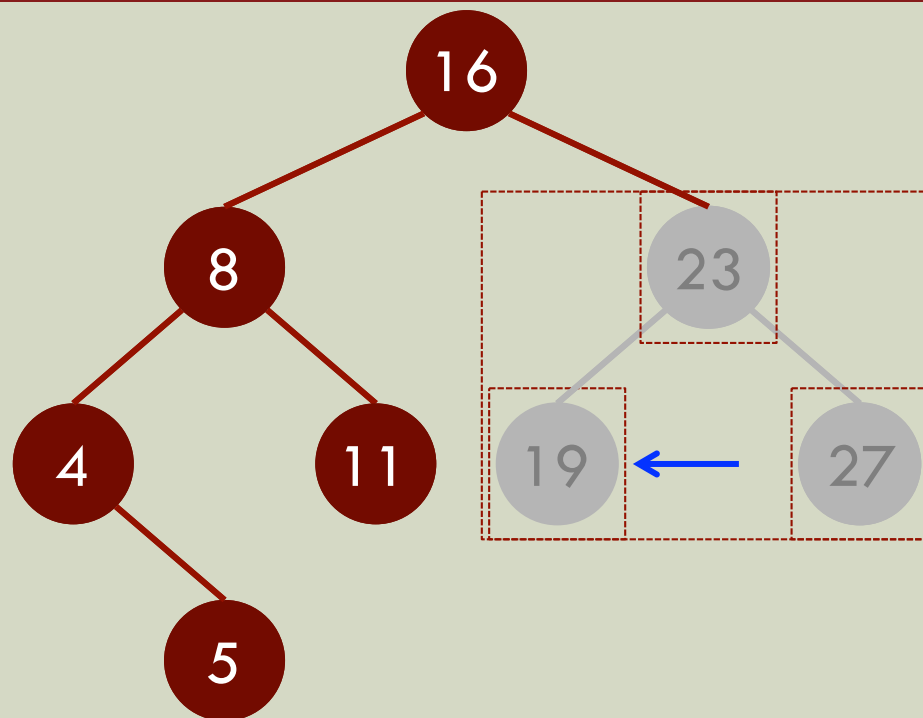
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16

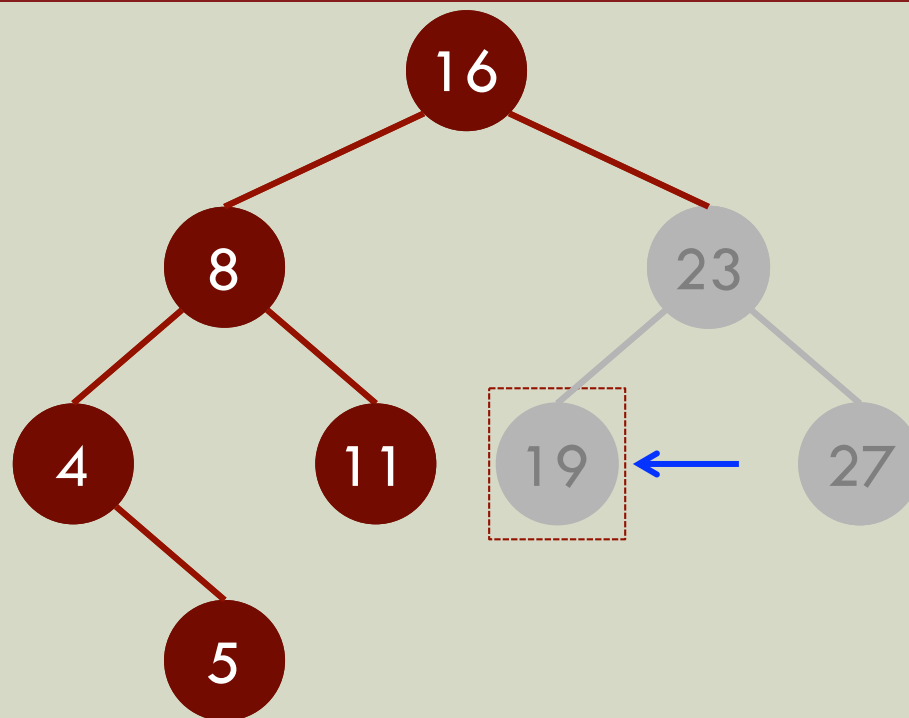
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16

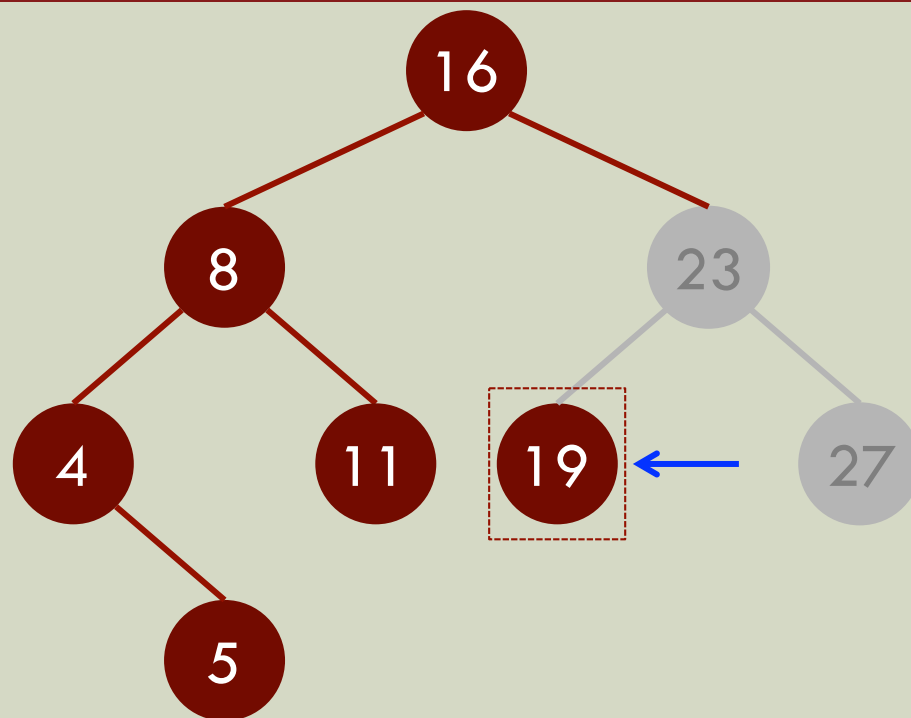
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16

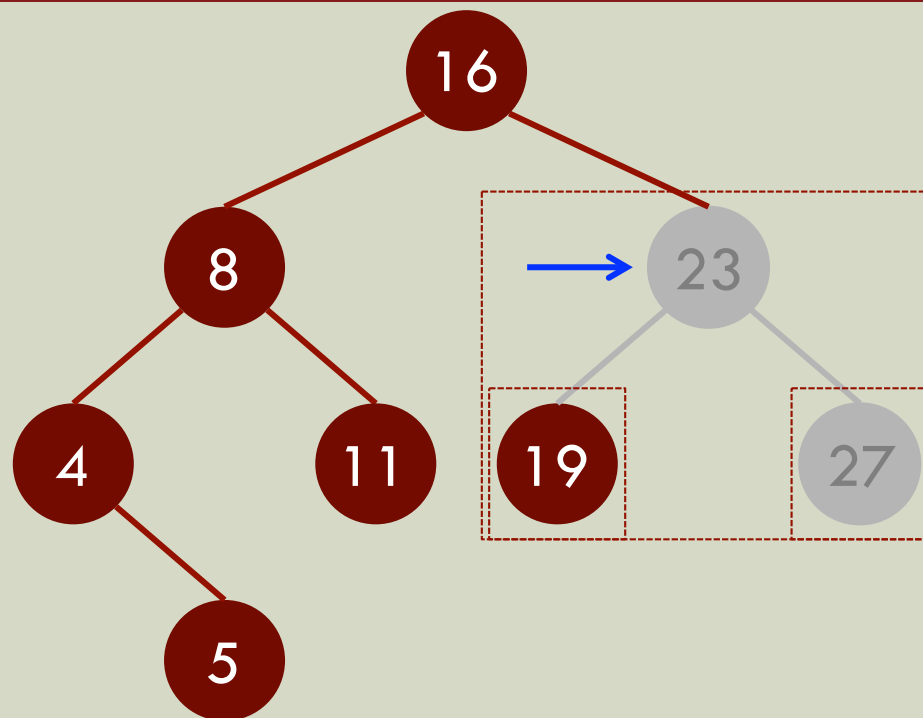
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16 – 19

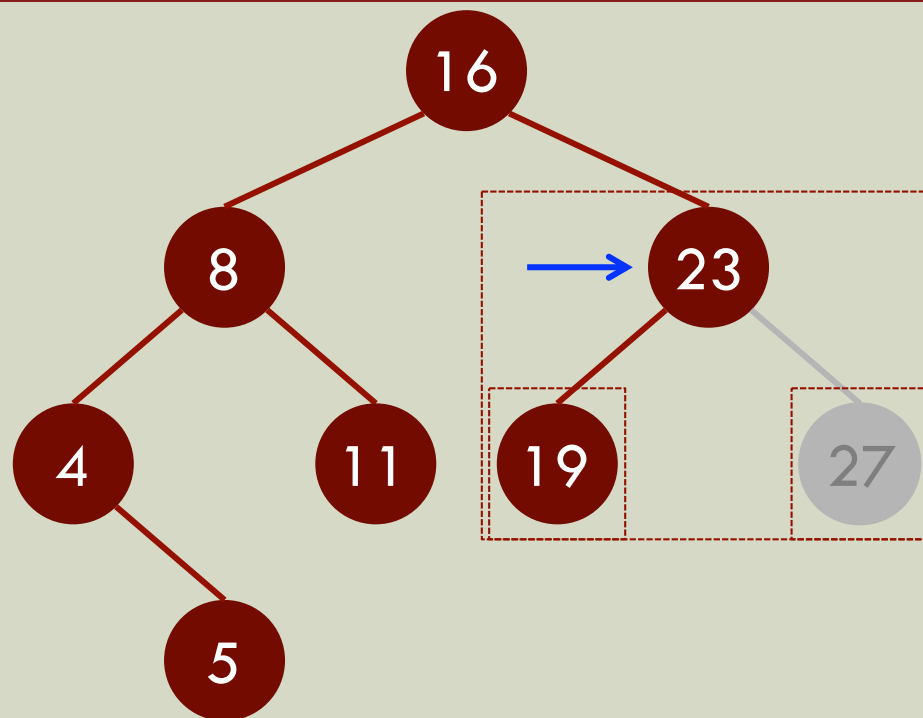
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16 – 19

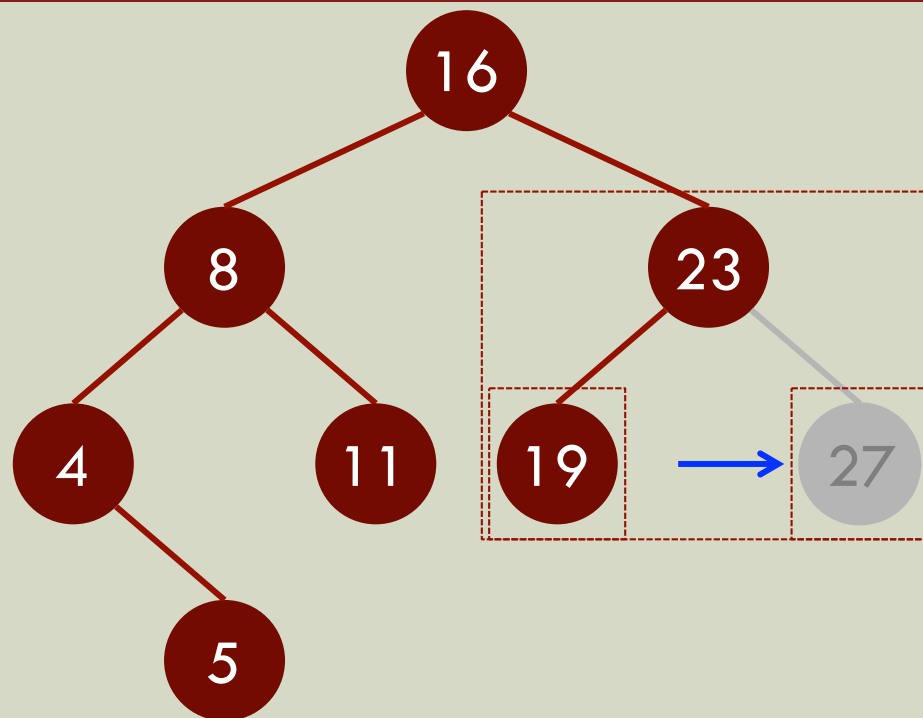
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16 – 19
– 23

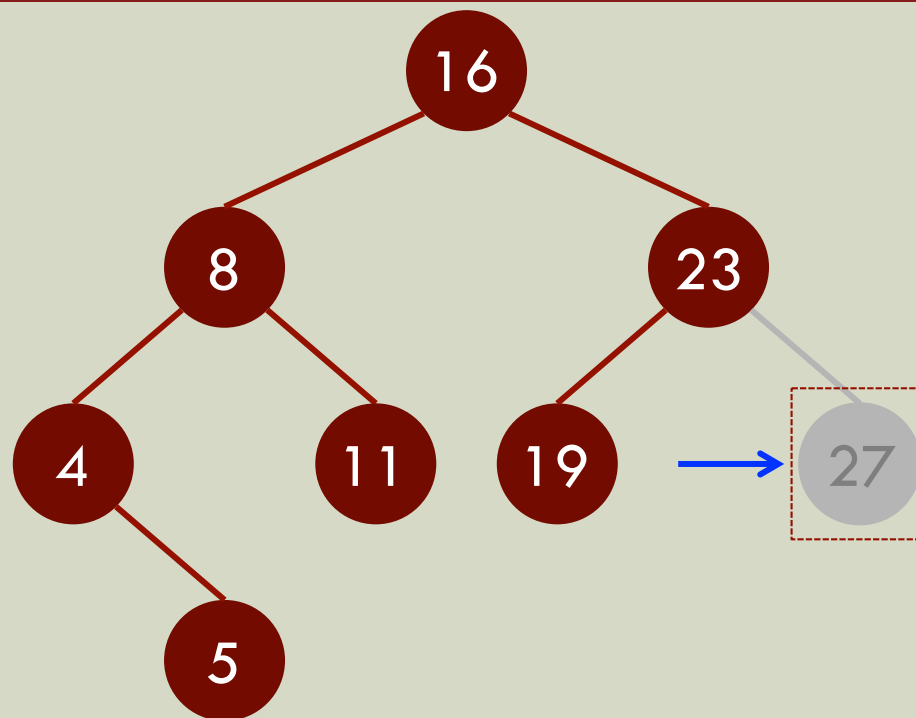
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16 – 19
– 23

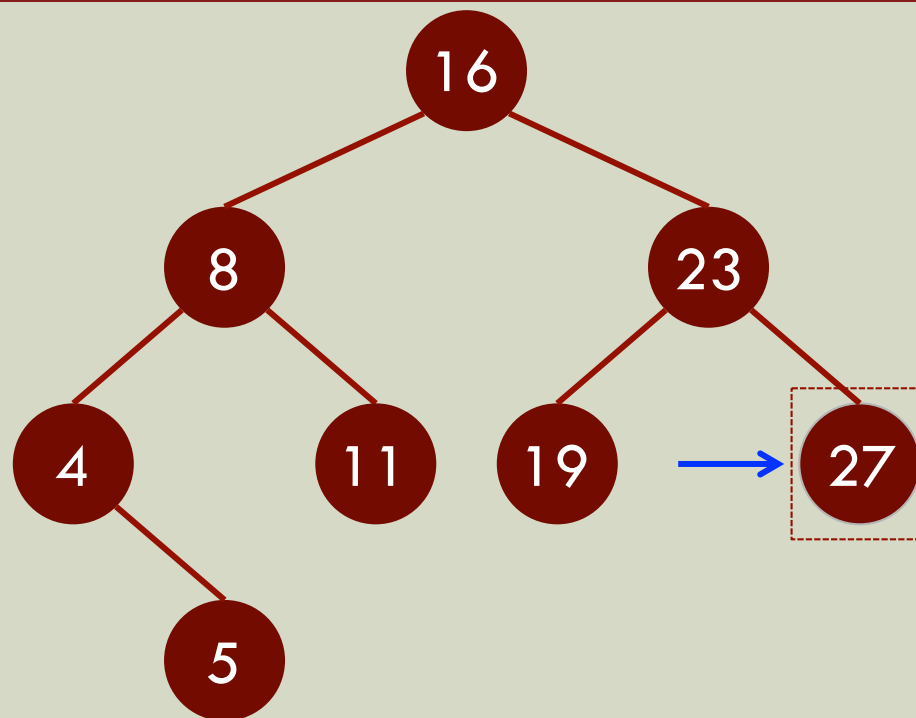
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16 – 19
– 23

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO EM ORDEM



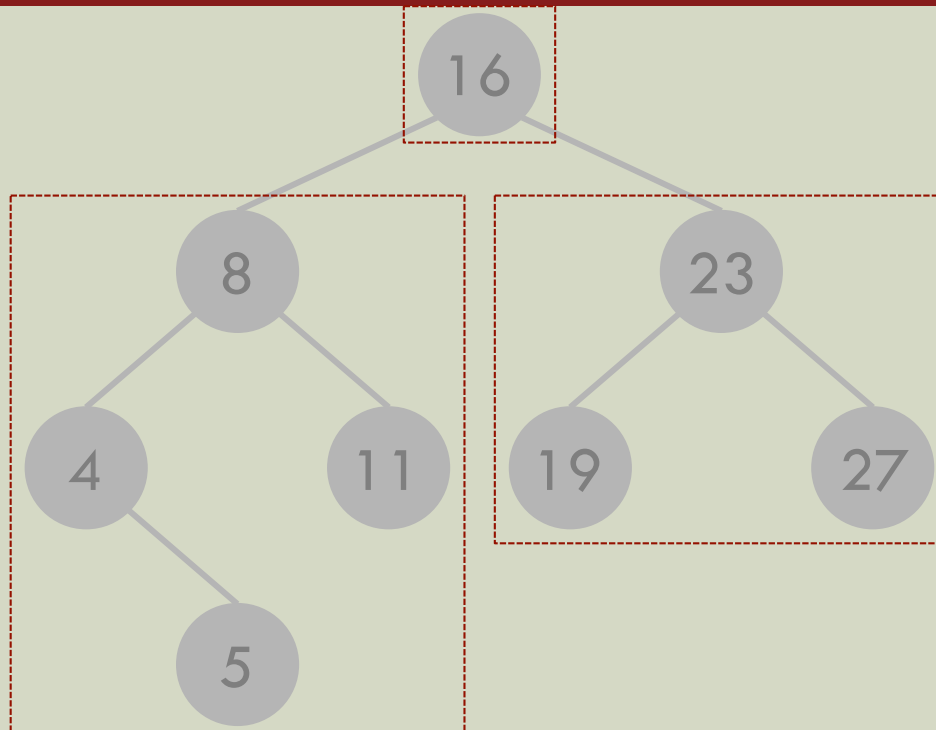
Impressão:

4 – 5 – 8 – 11 – 16 – 19
– 23 – 27

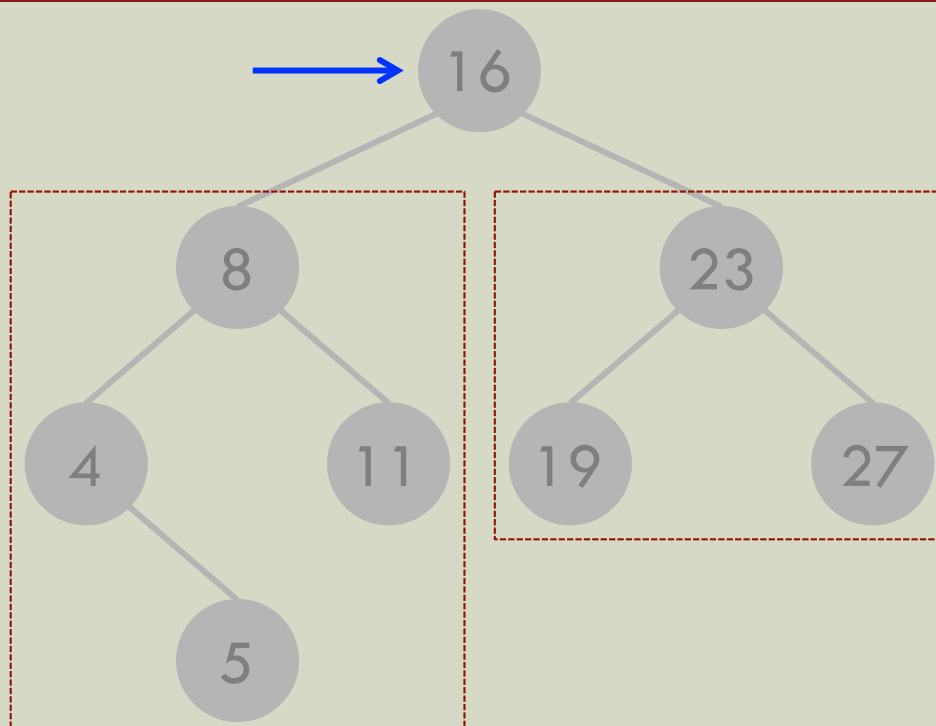
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM

- **Ordem de visita às subárvores:**
 - **raiz;**
 - **subárvore esquerda;**
 - **subárvore direita.**
- **Melhor expresso em termos **recursivos**.**

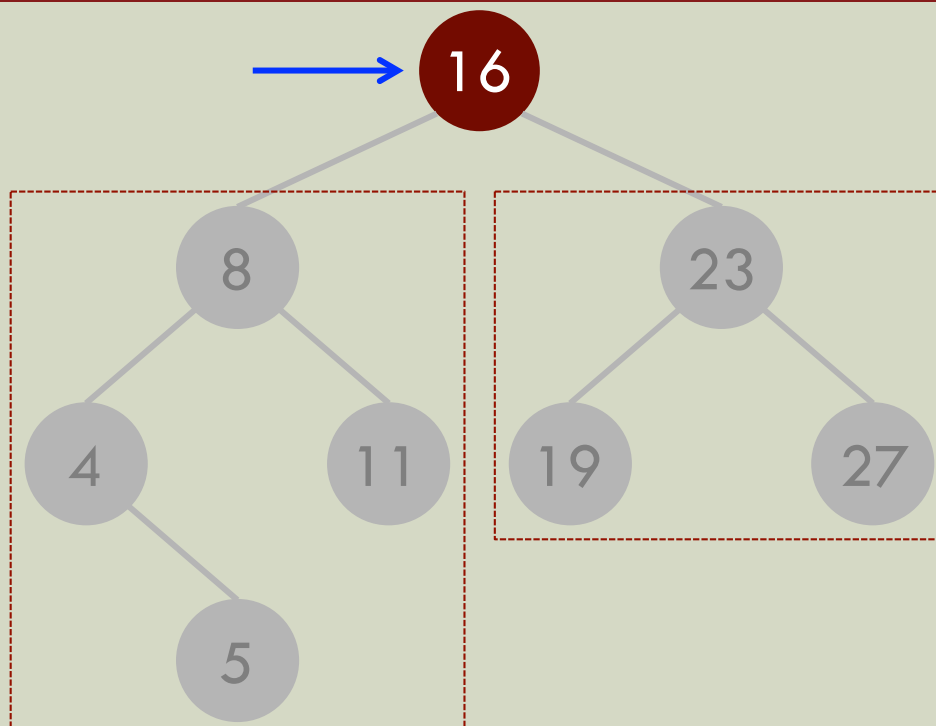
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM

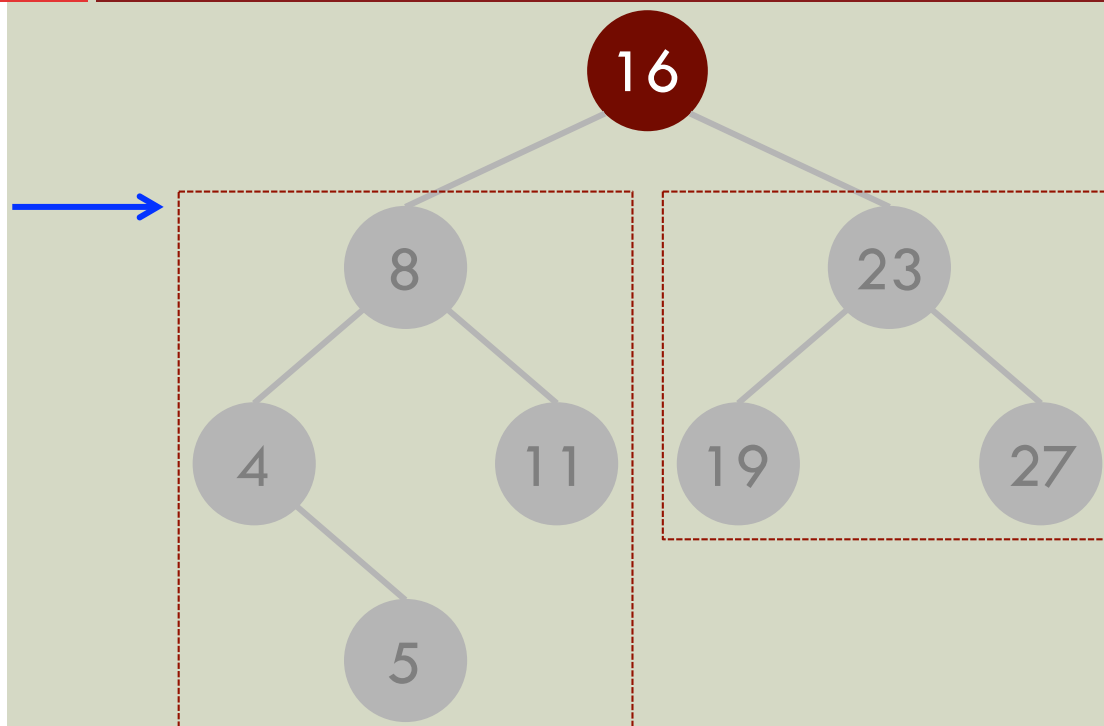


CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



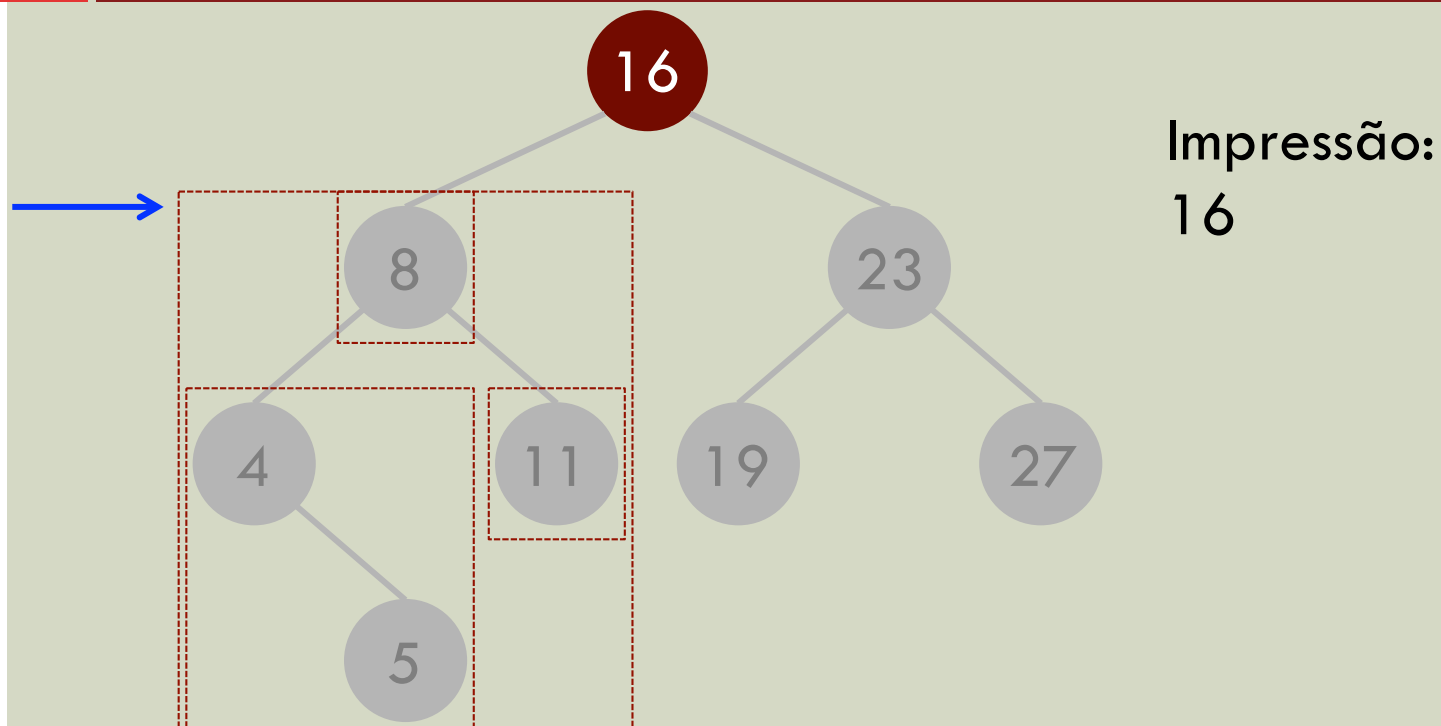
Impressão:
16

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM

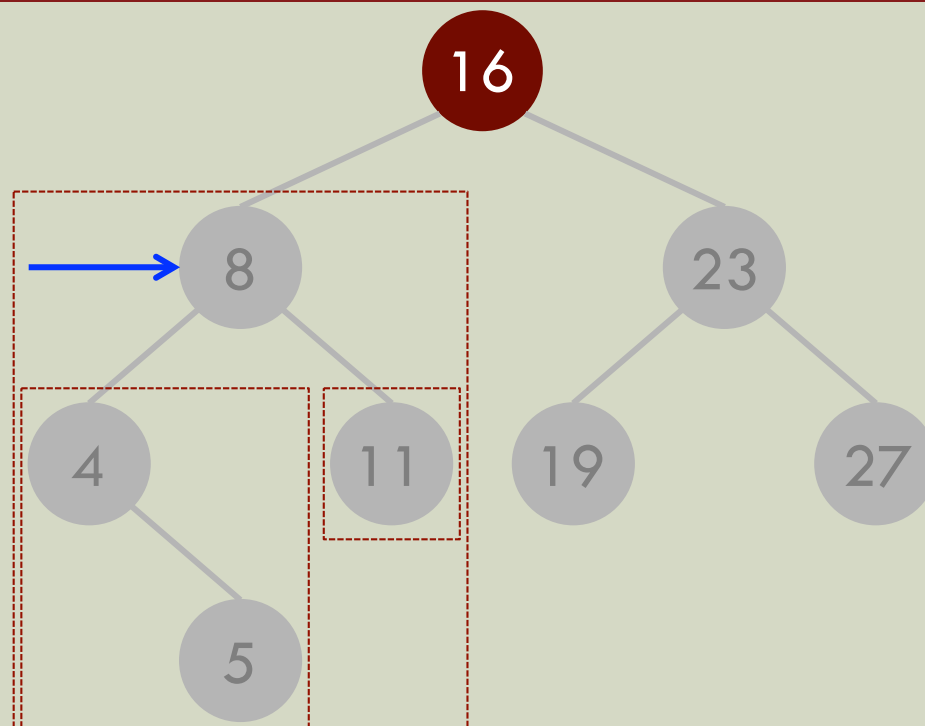


Impressão:
16

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM

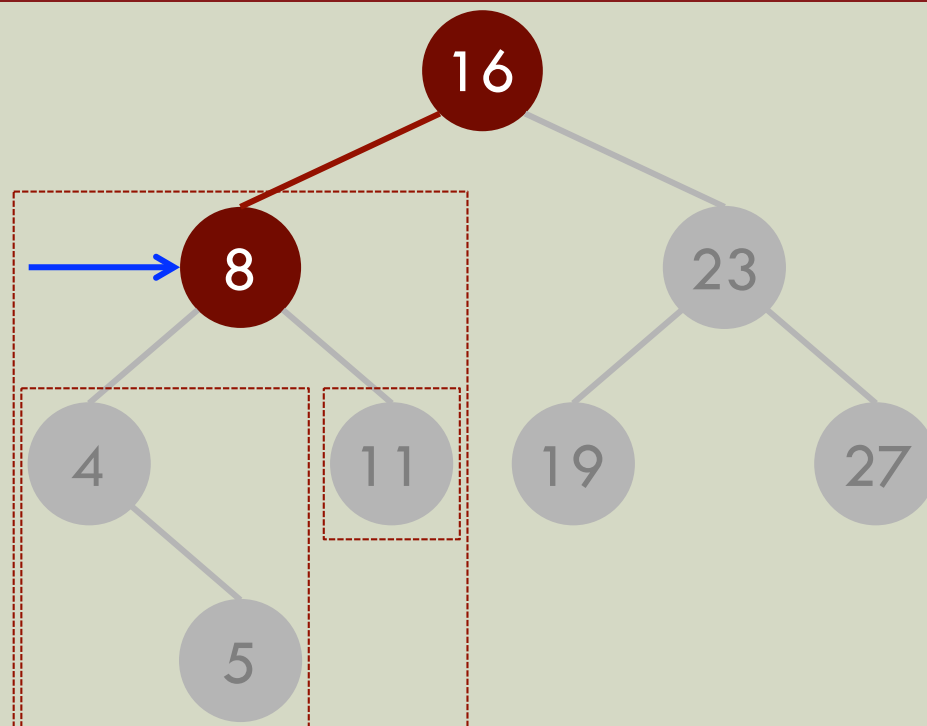


CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



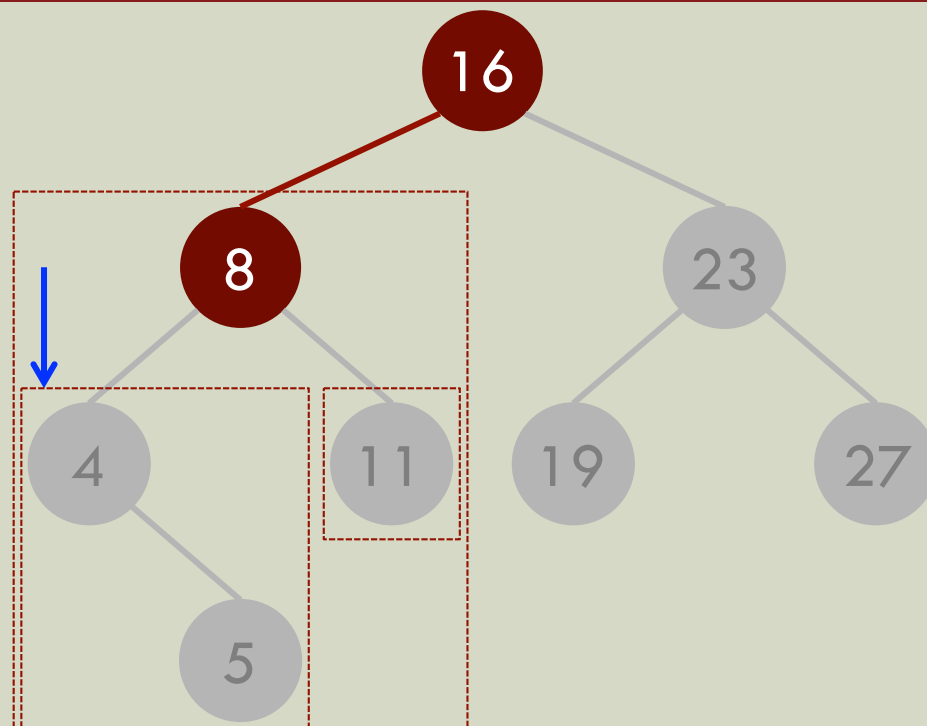
Impressão:
16

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



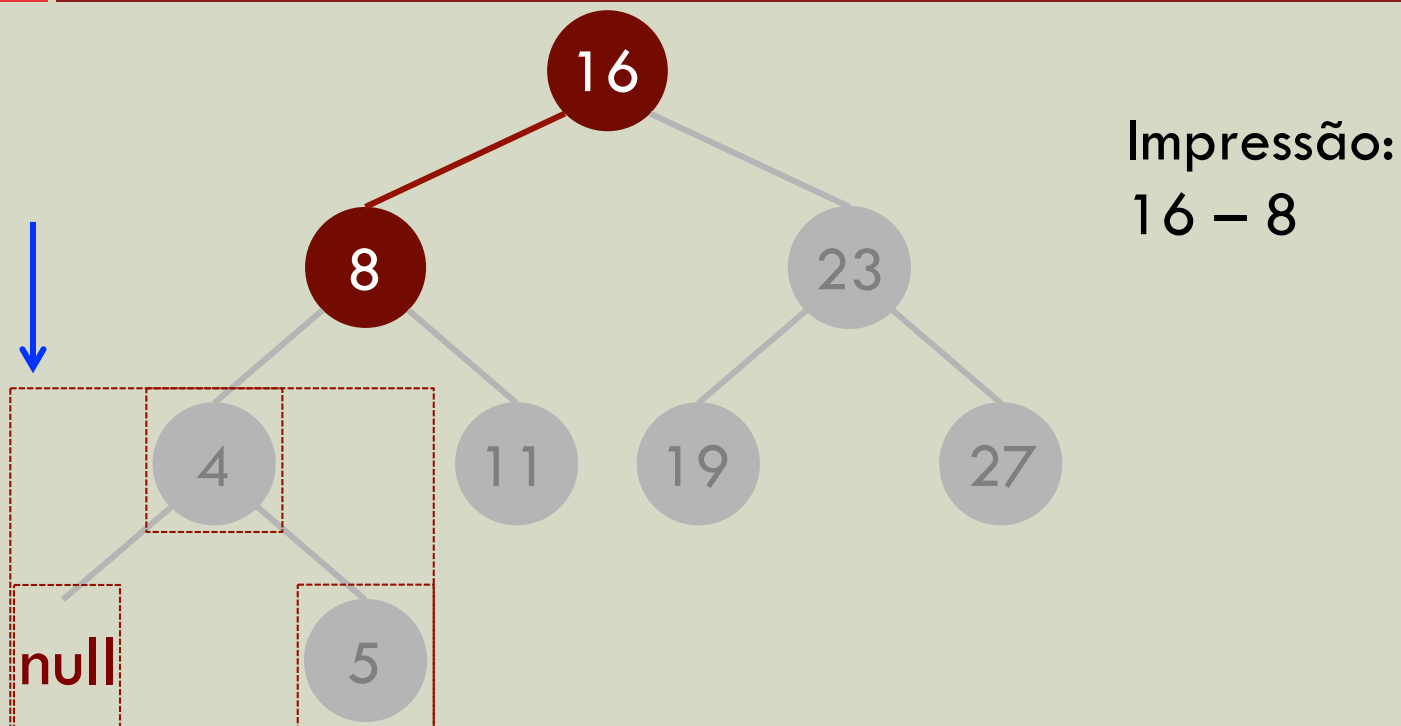
Impressão:
16 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM

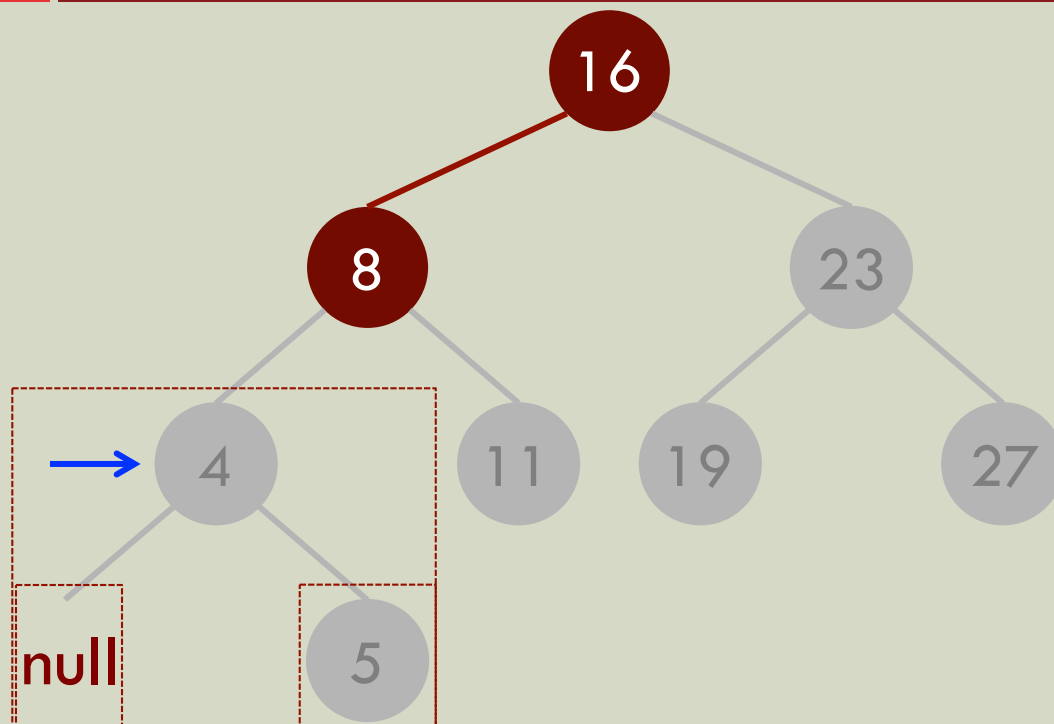


Impressão:
16 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM

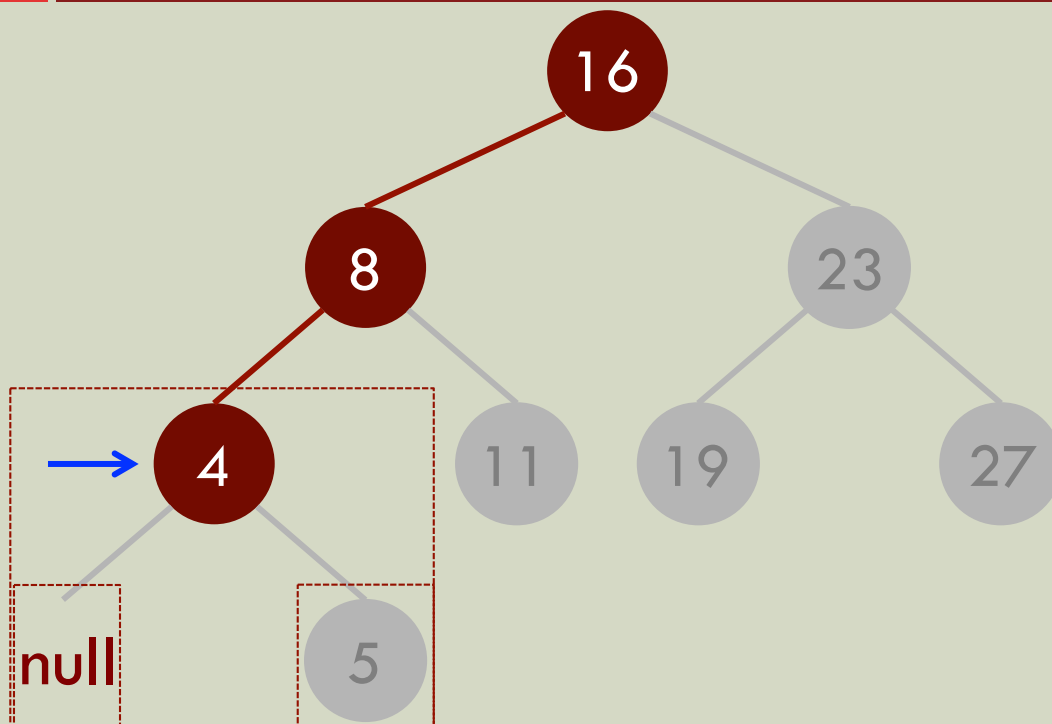


CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



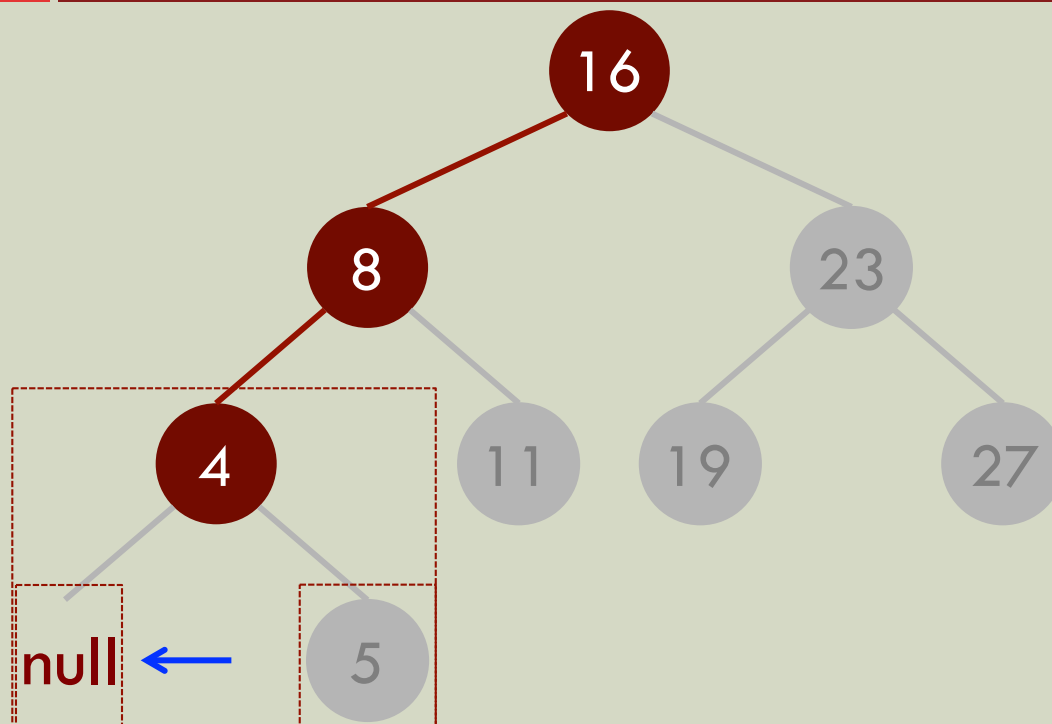
Impressão:
16 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



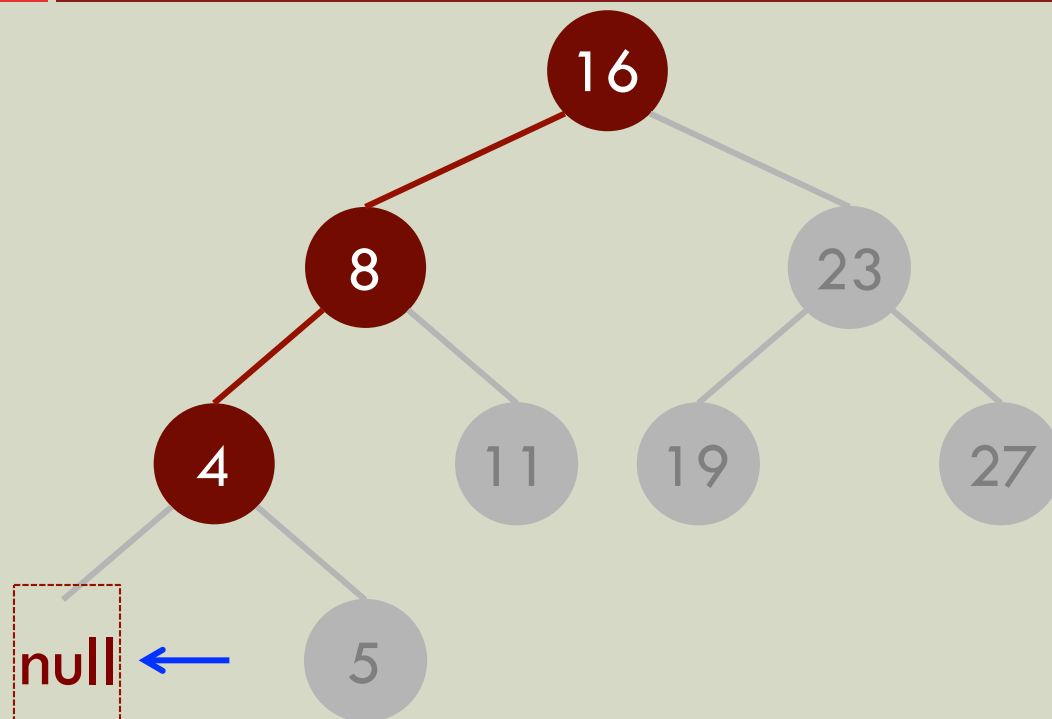
Impressão:
16 – 8 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



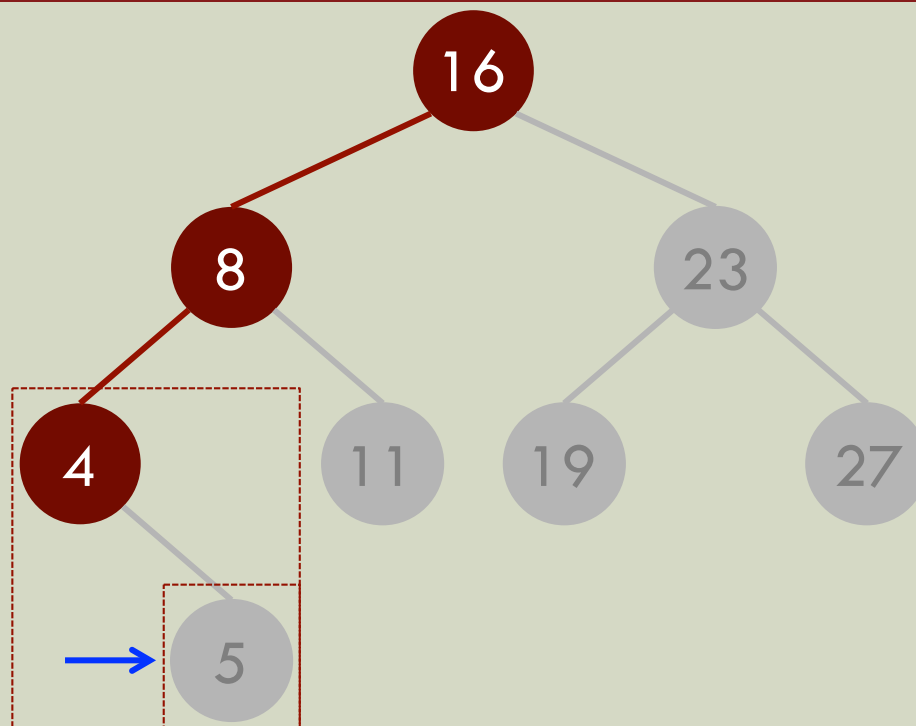
Impressão:
16 – 8 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



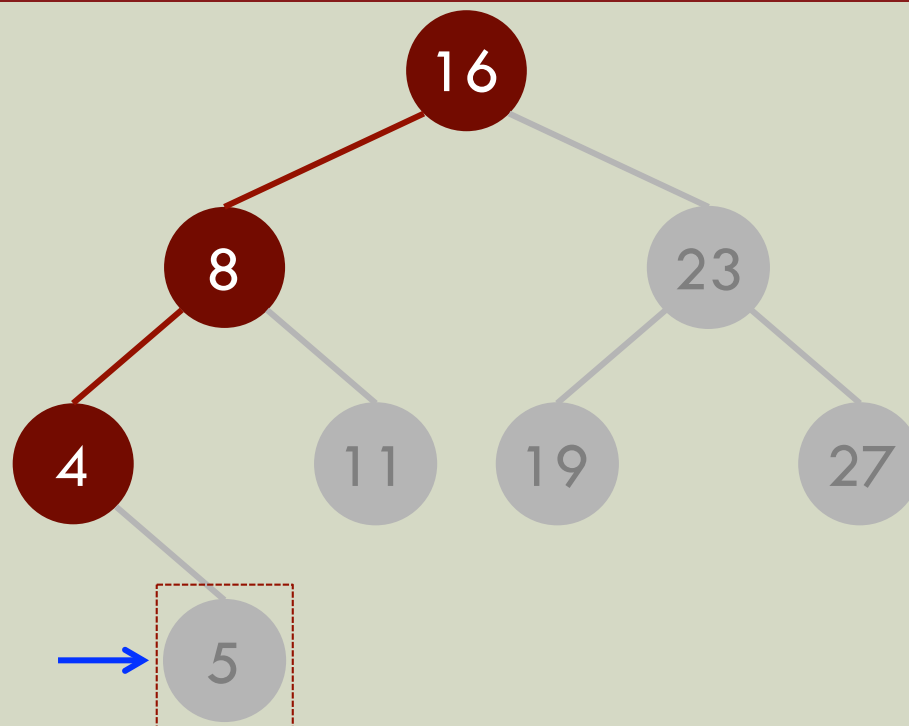
Impressão:
16 – 8 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



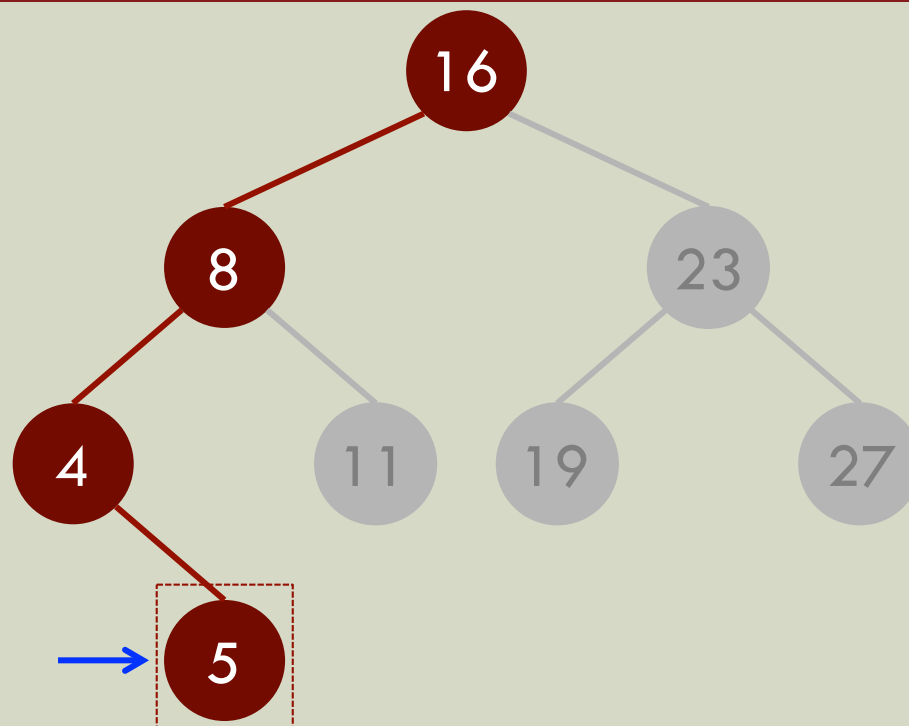
Impressão:
16 – 8 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



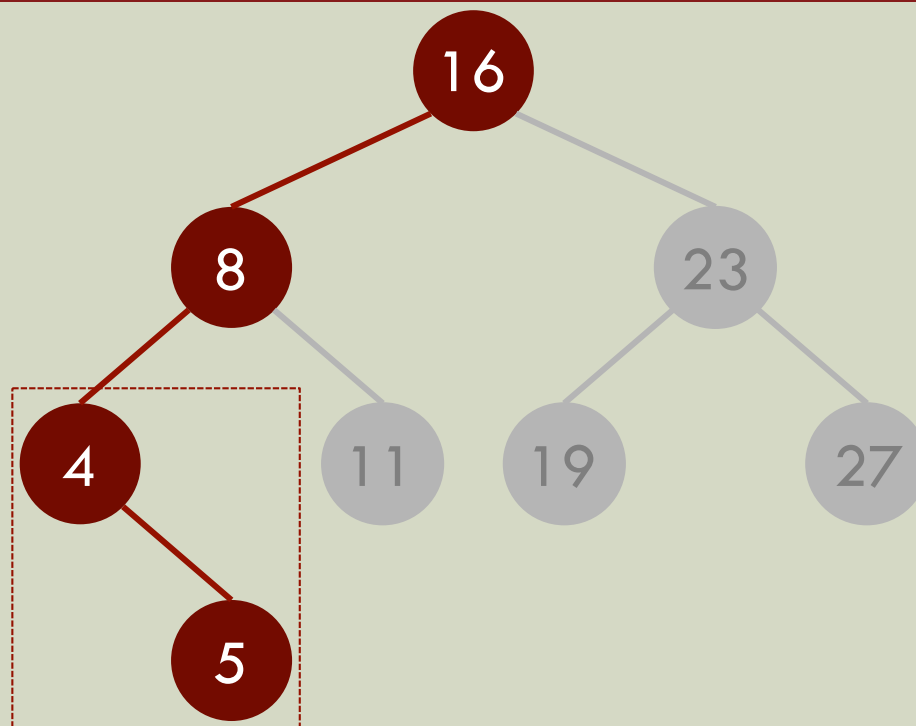
Impressão:
16 – 8 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:
16 – 8 – 4 – 5

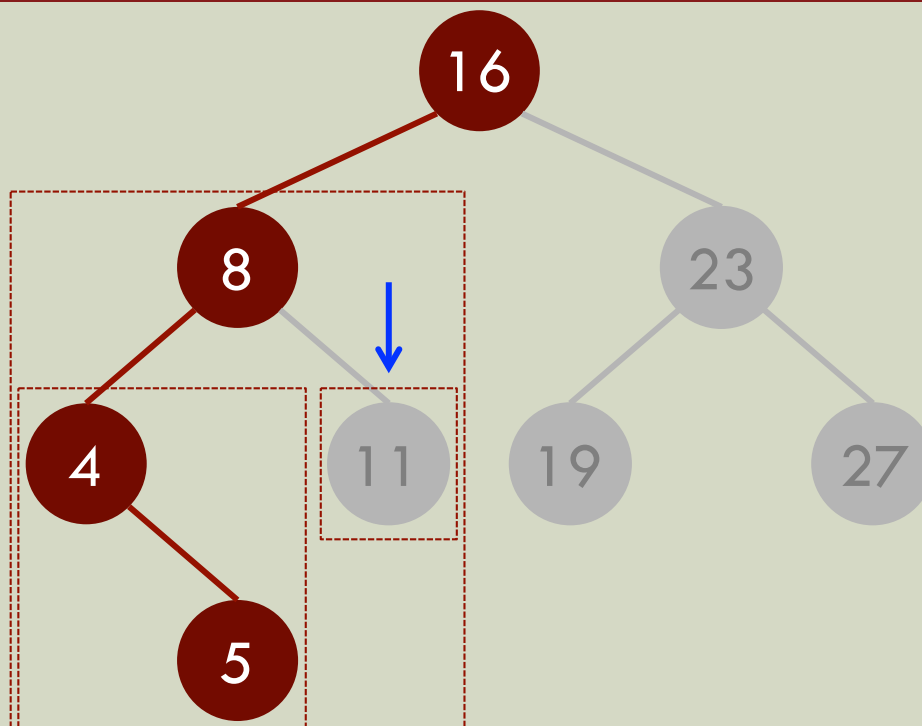
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5

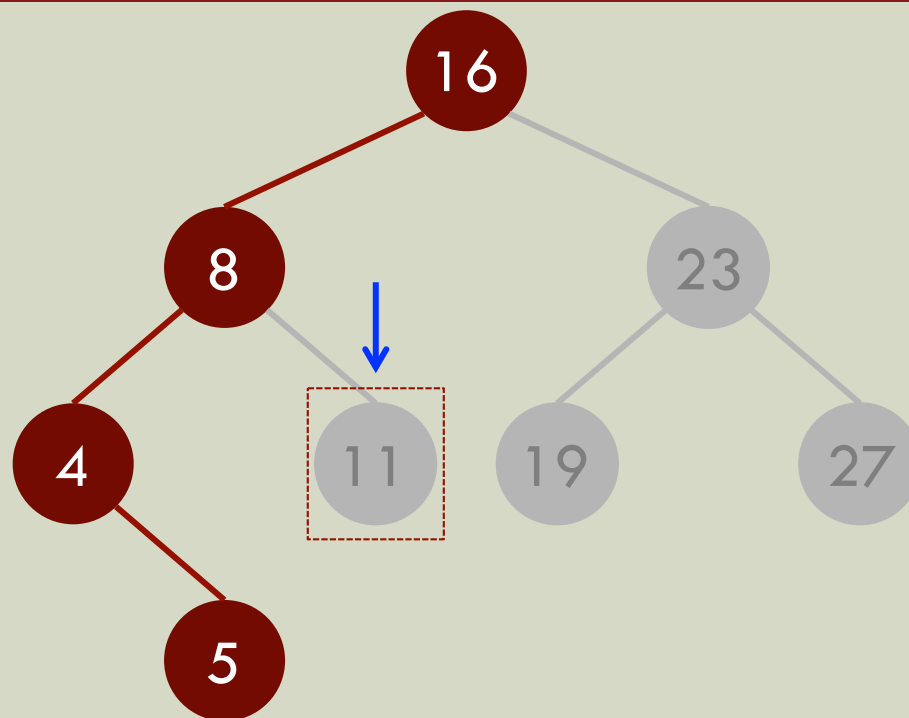
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5

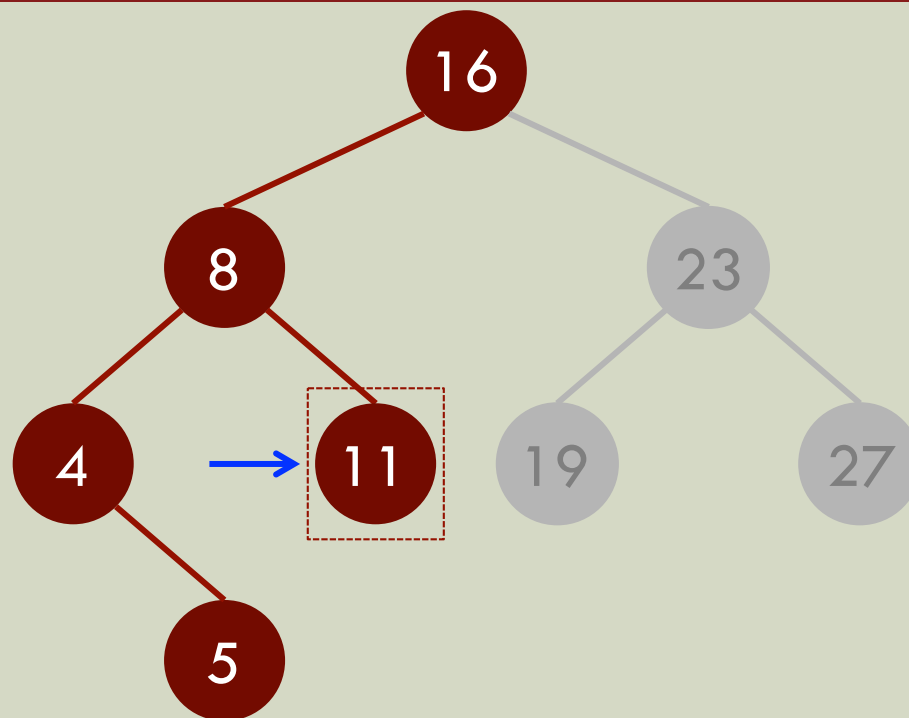
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5

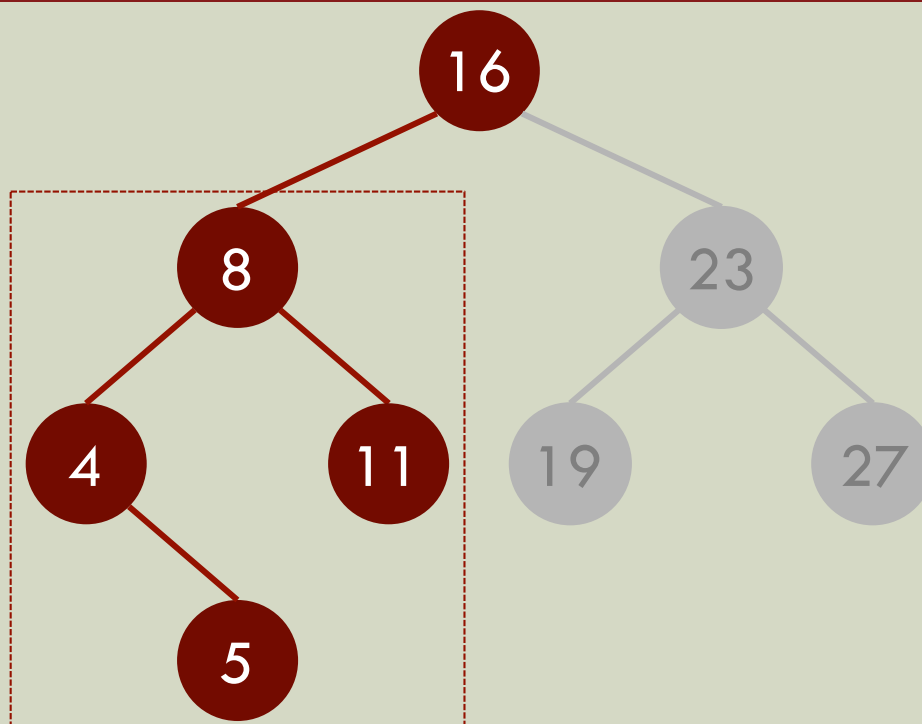
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11

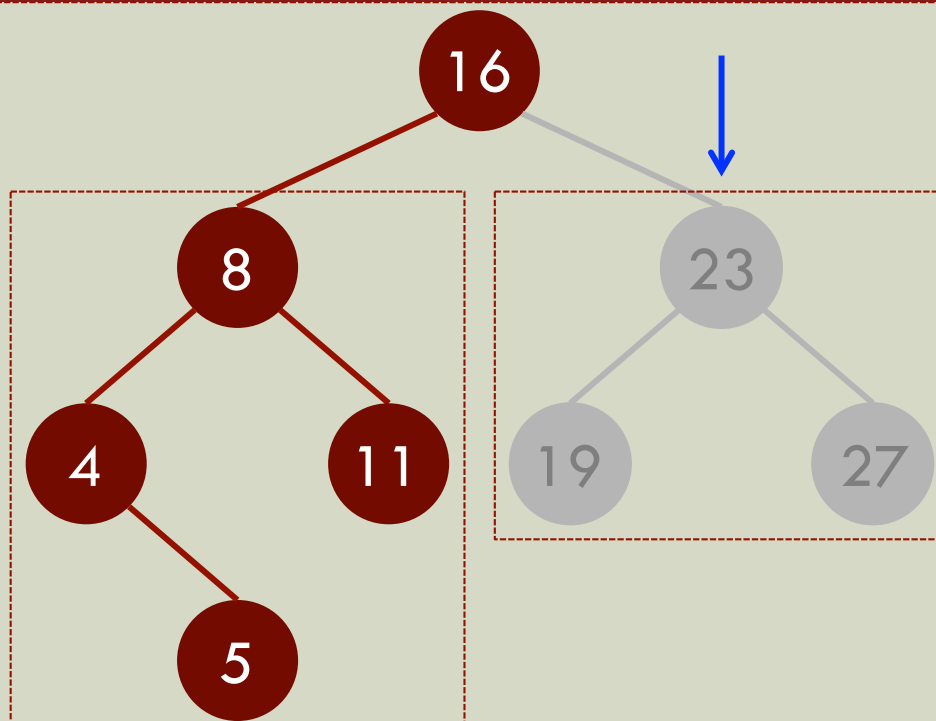
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11

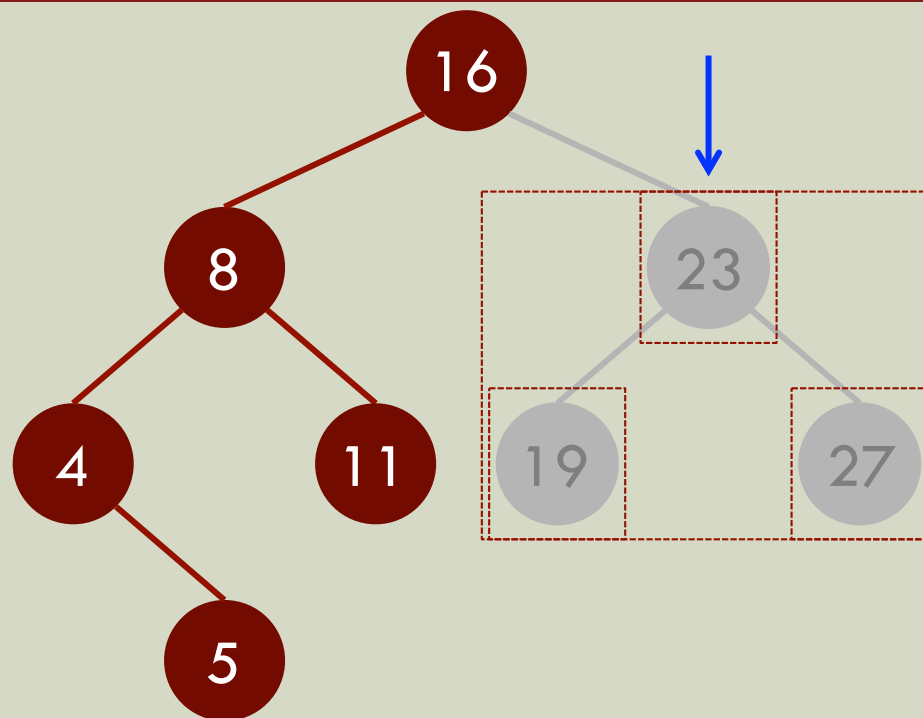
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11

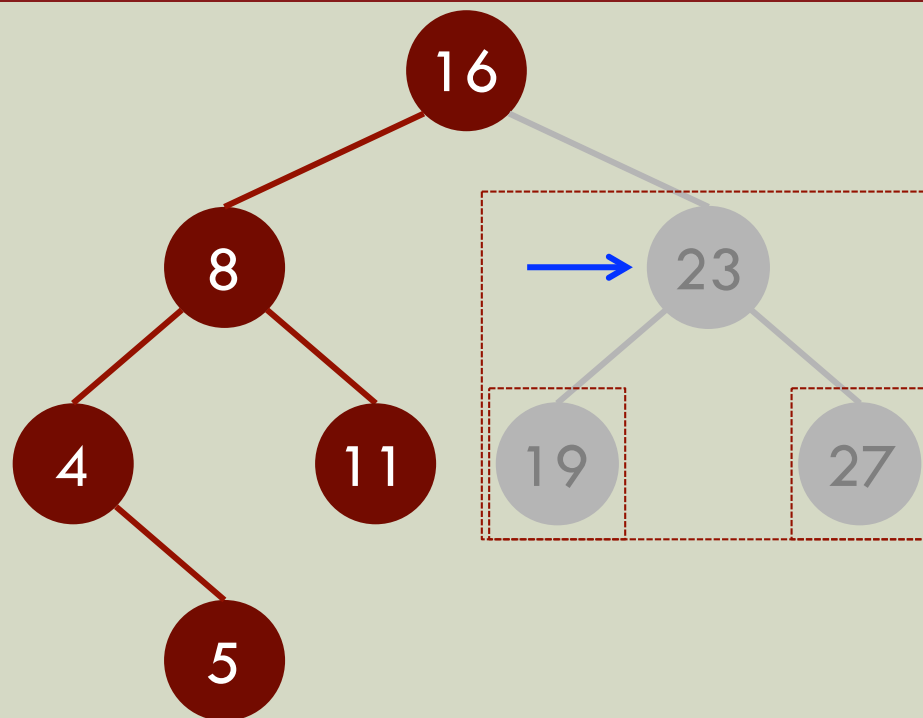
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11

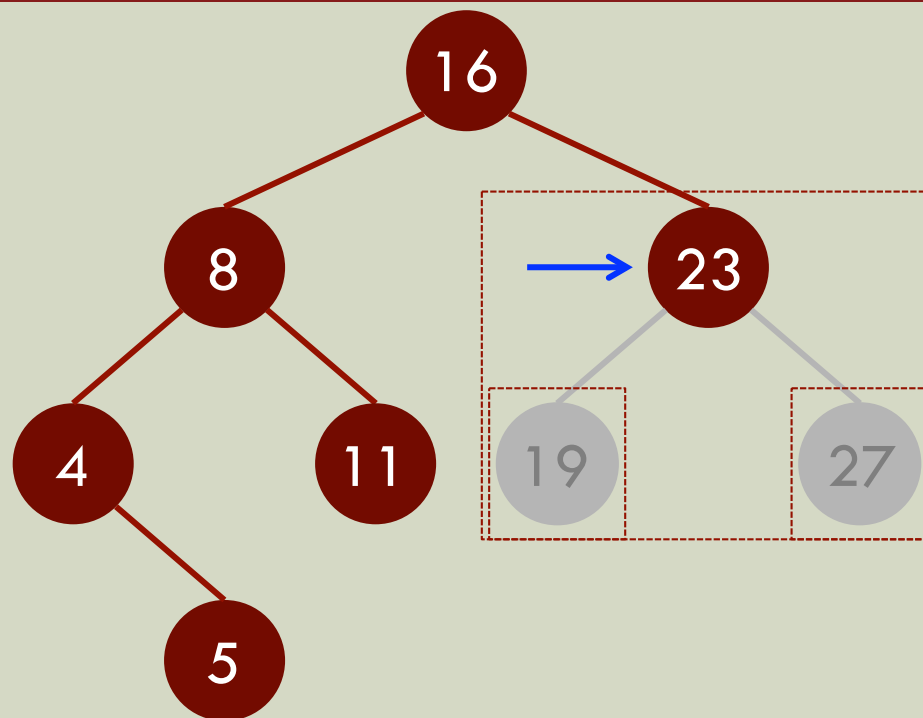
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11

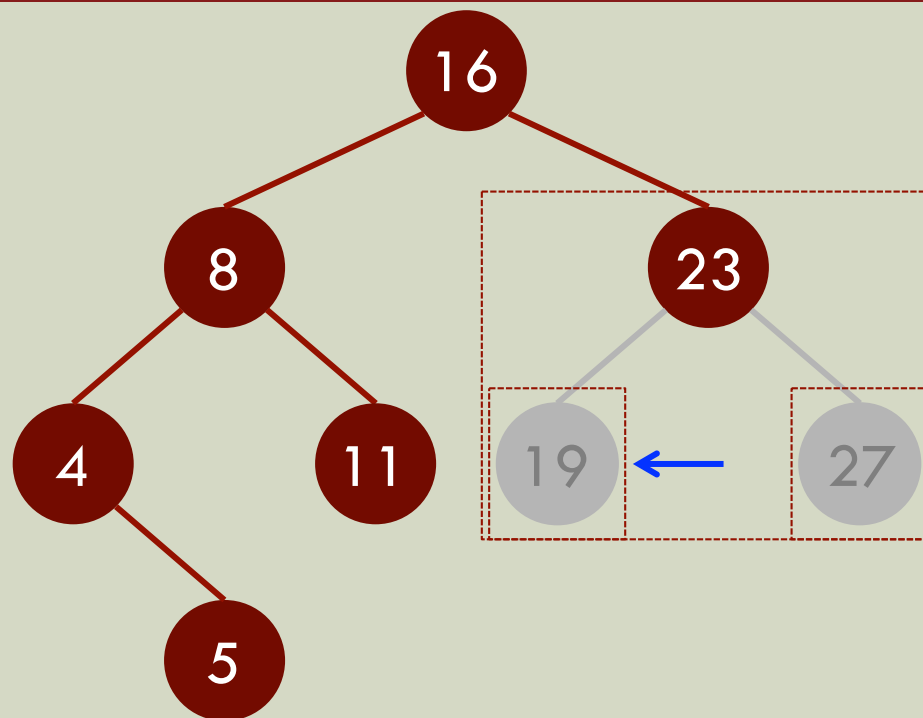
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23

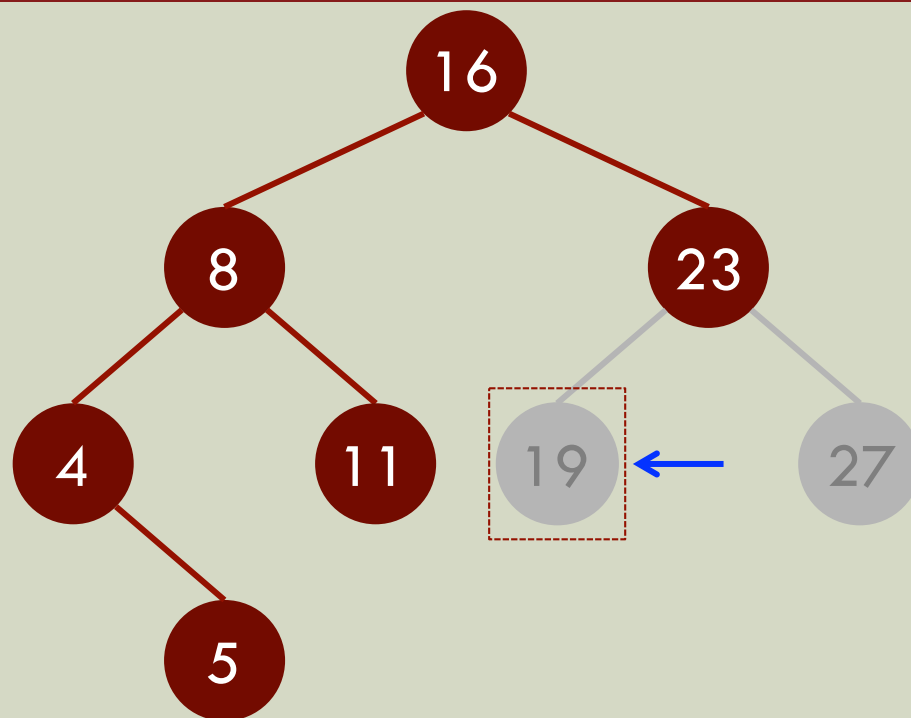
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23

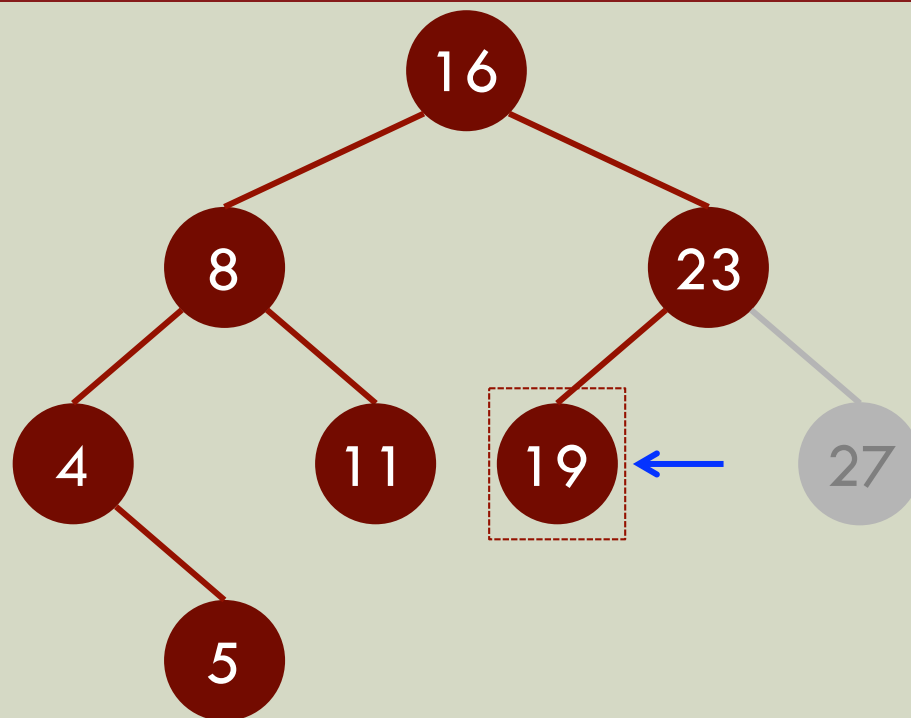
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23

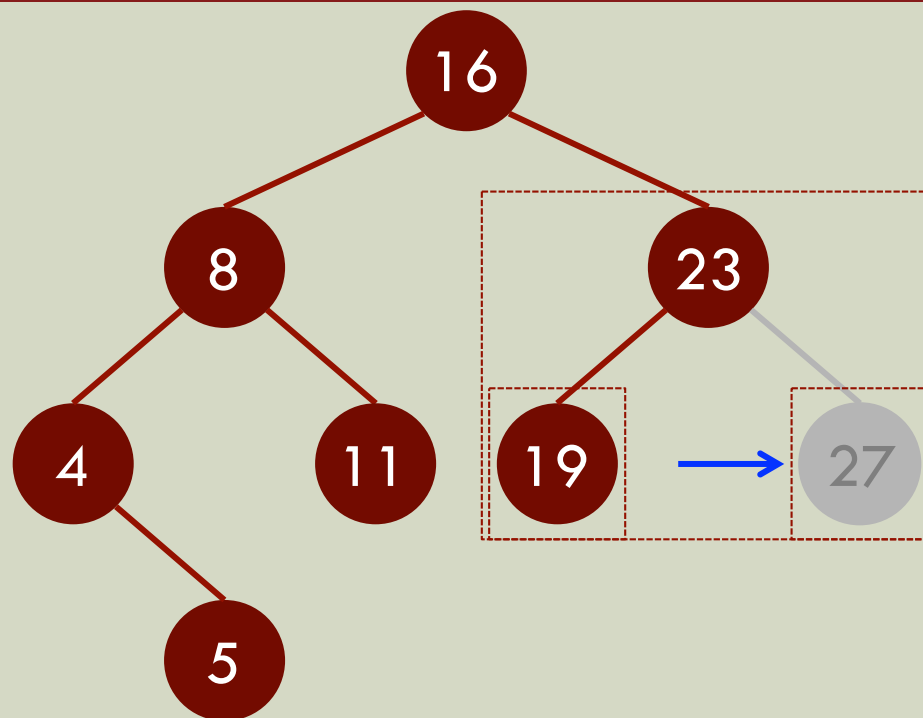
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23
– 19

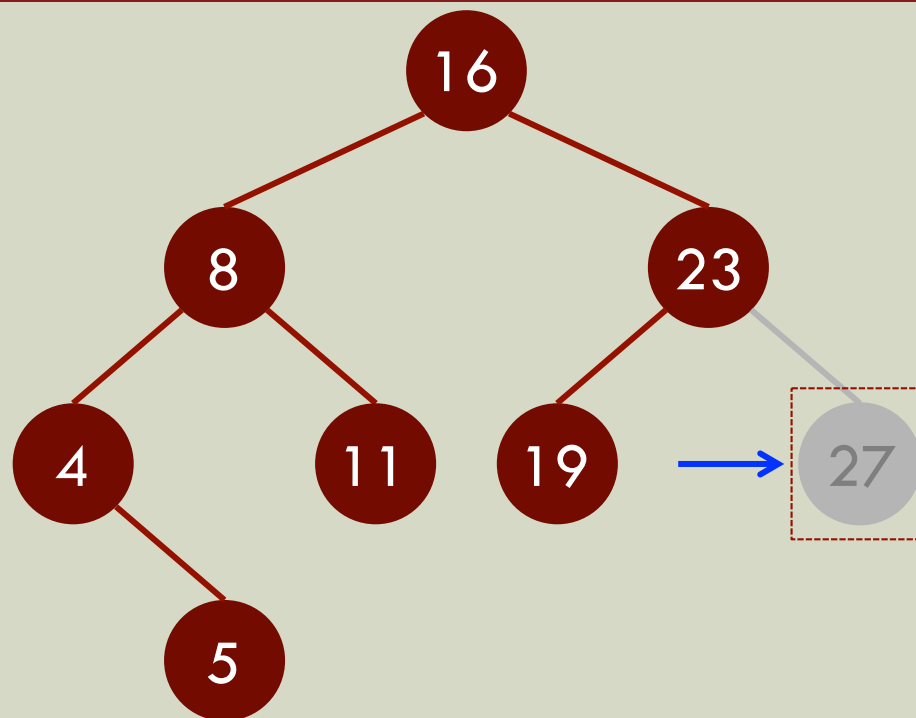
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23
– 19

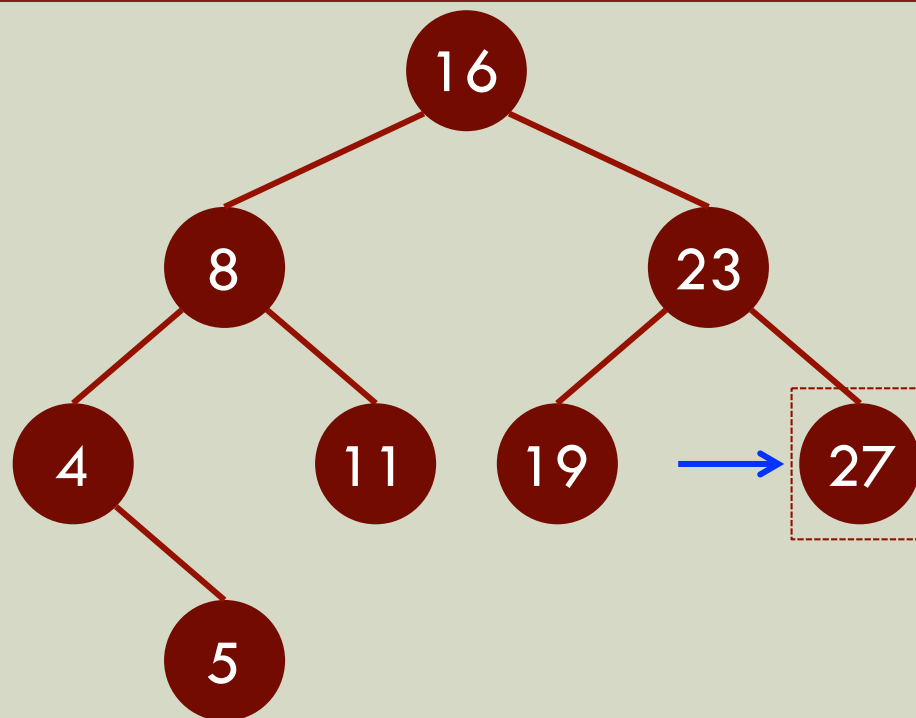
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23
– 19

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PRÉ-ORDEM



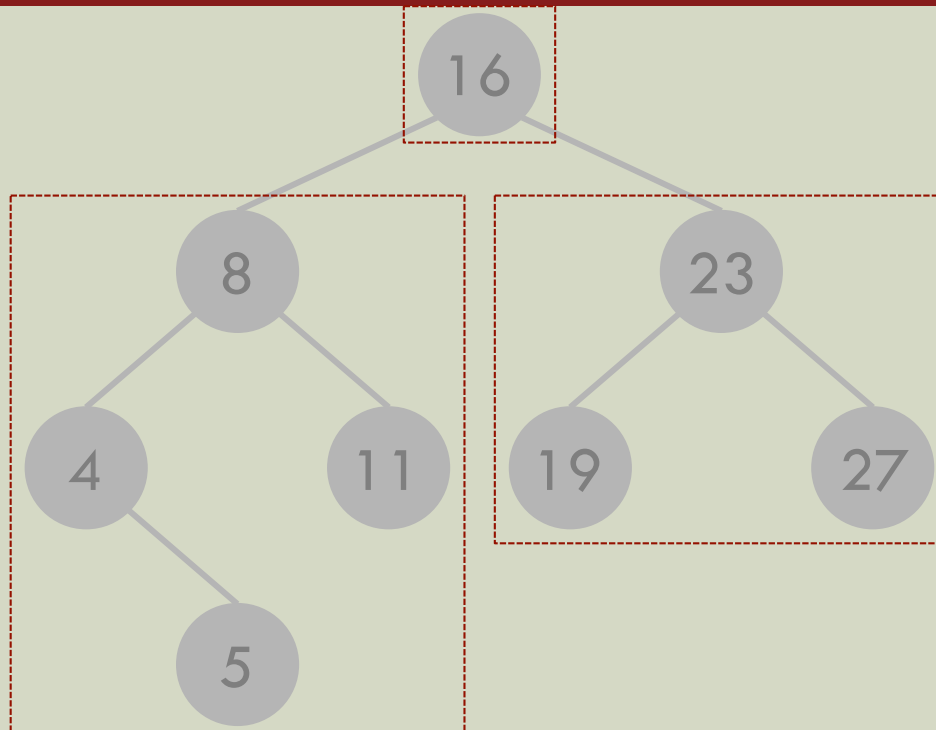
Impressão:

16 – 8 – 4 – 5 – 11 – 23
– 19 – 27

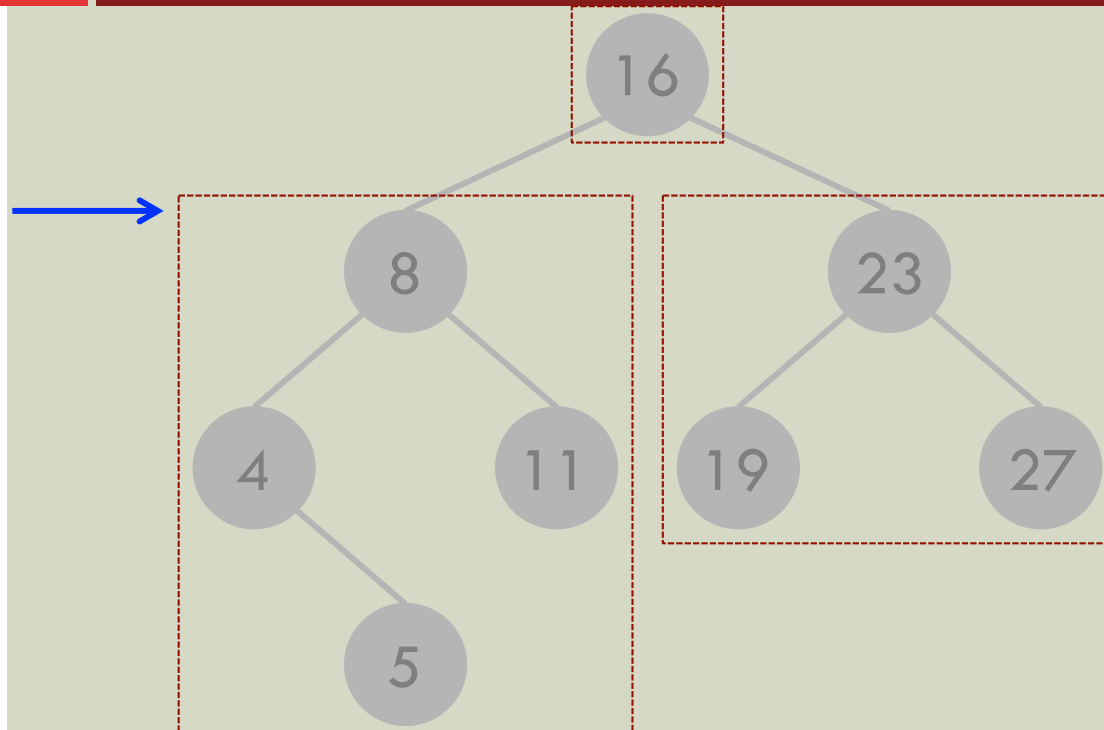
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM

- **Ordem de visita às subárvores:**
 - **subárvore esquerda;**
 - **subárvore direita;**
 - **raiz.**
- **Melhor expresso em termos **recursivos**.**

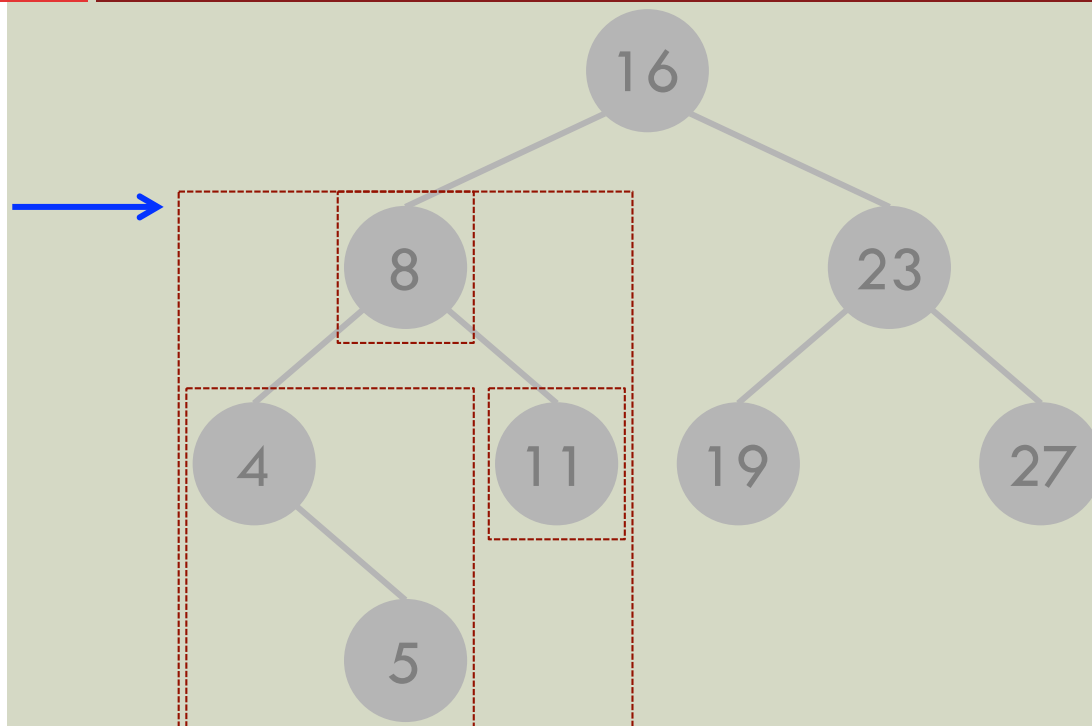
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



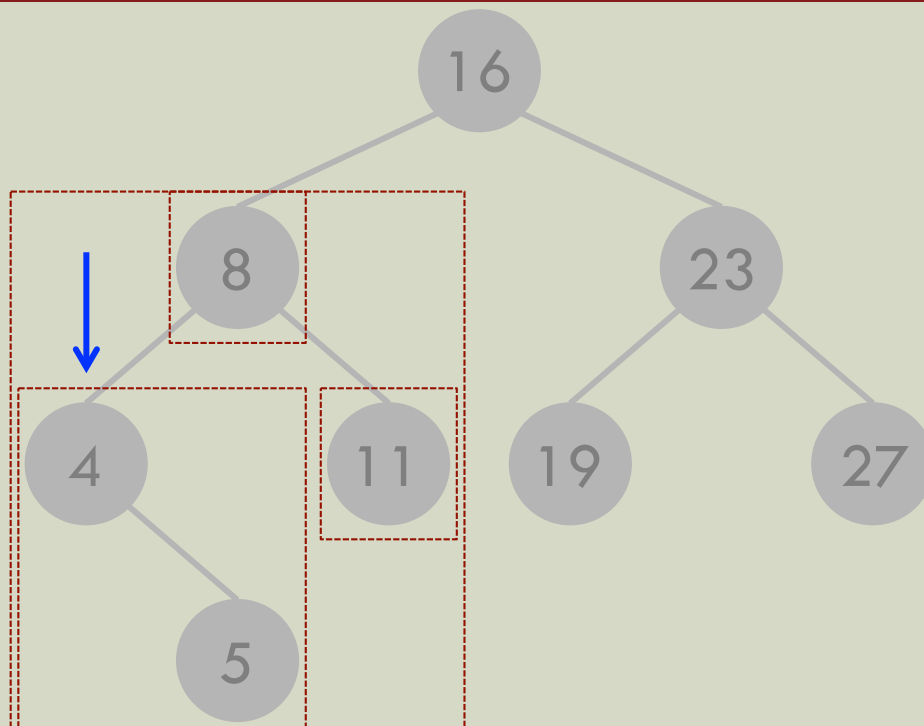
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



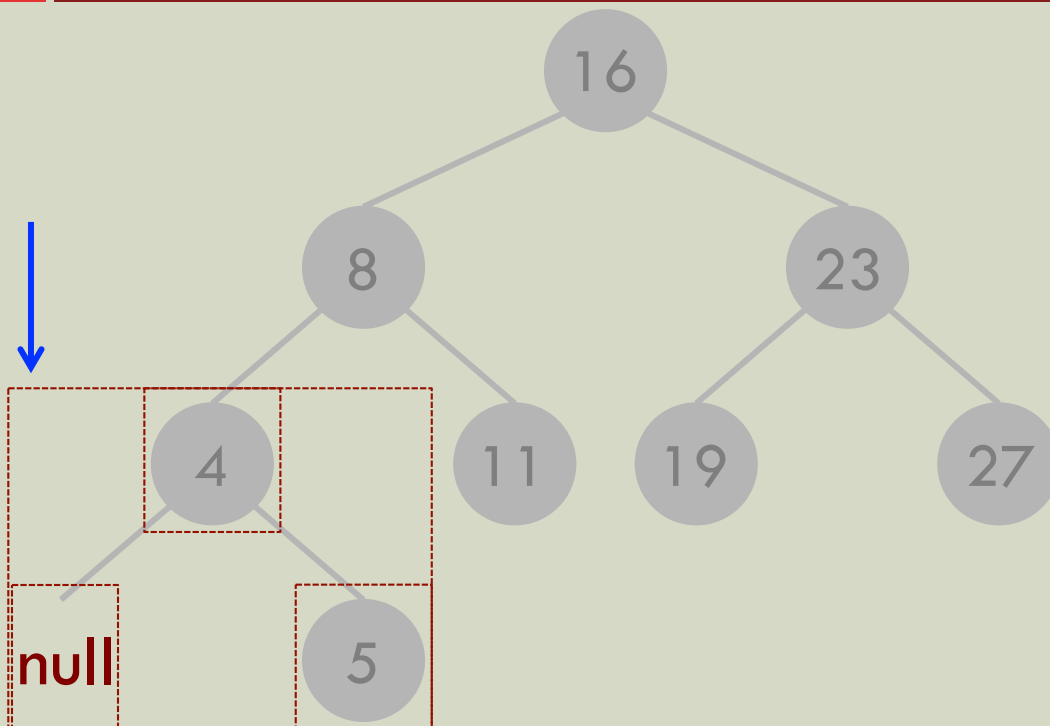
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



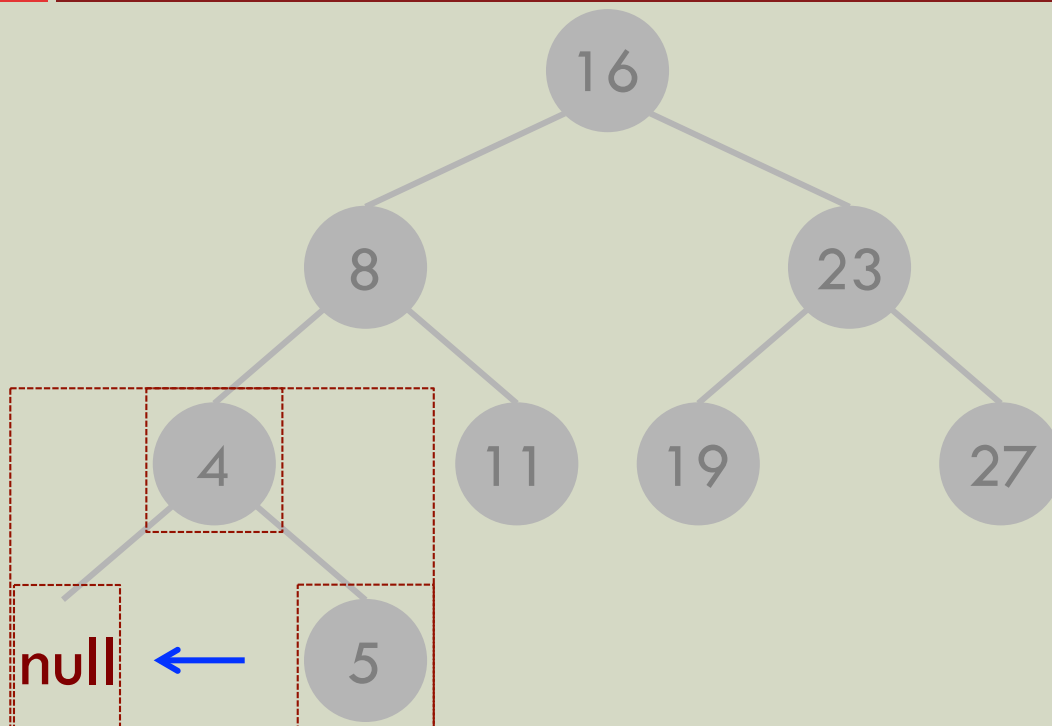
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



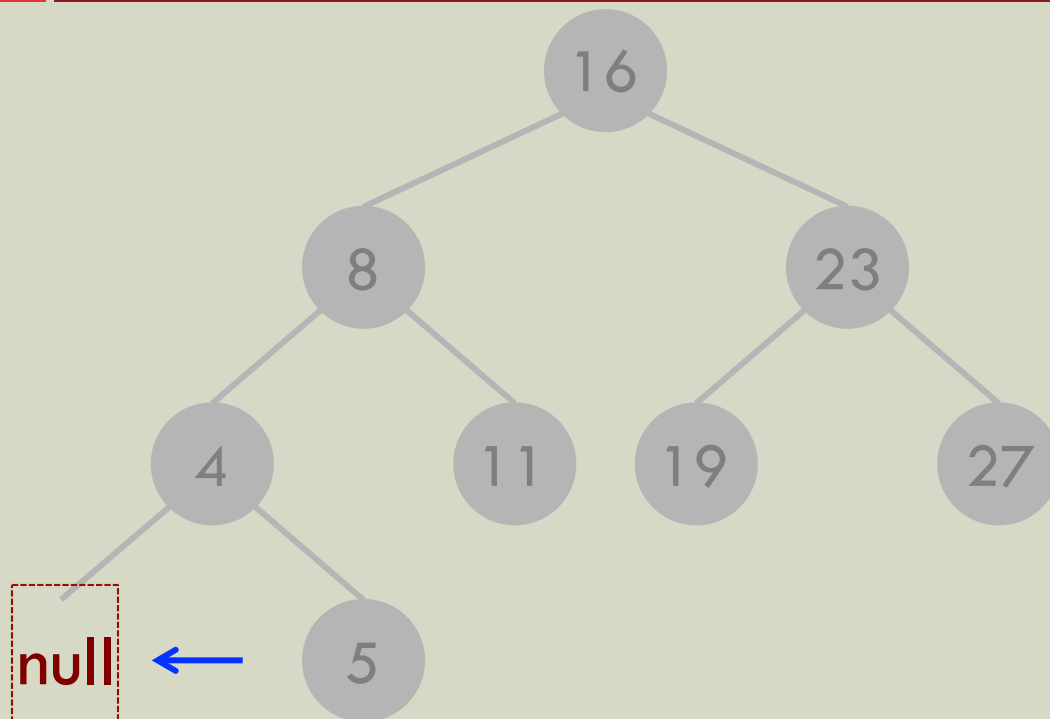
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



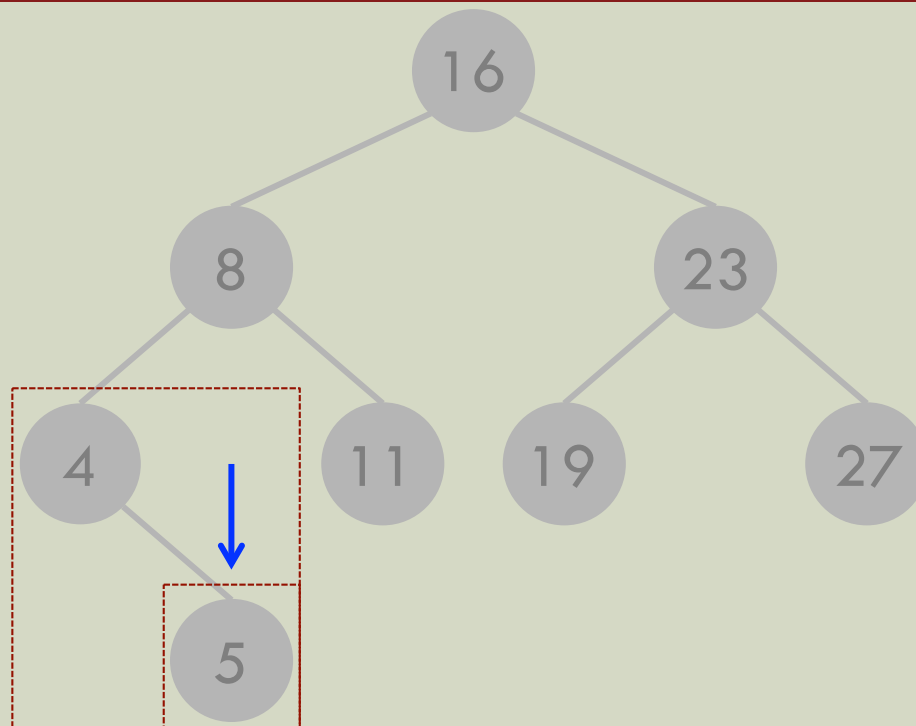
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



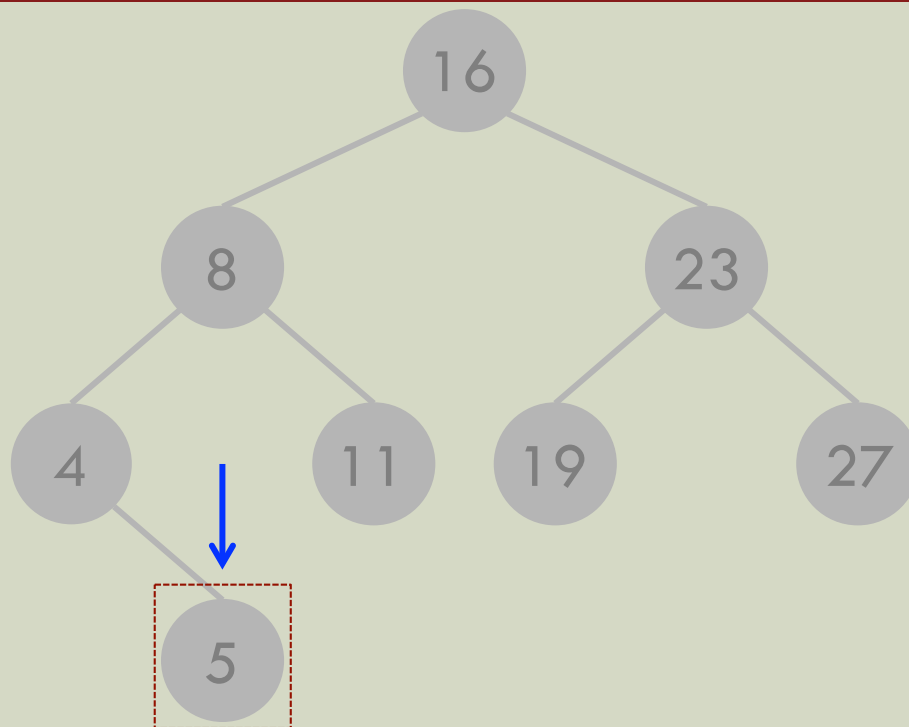
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



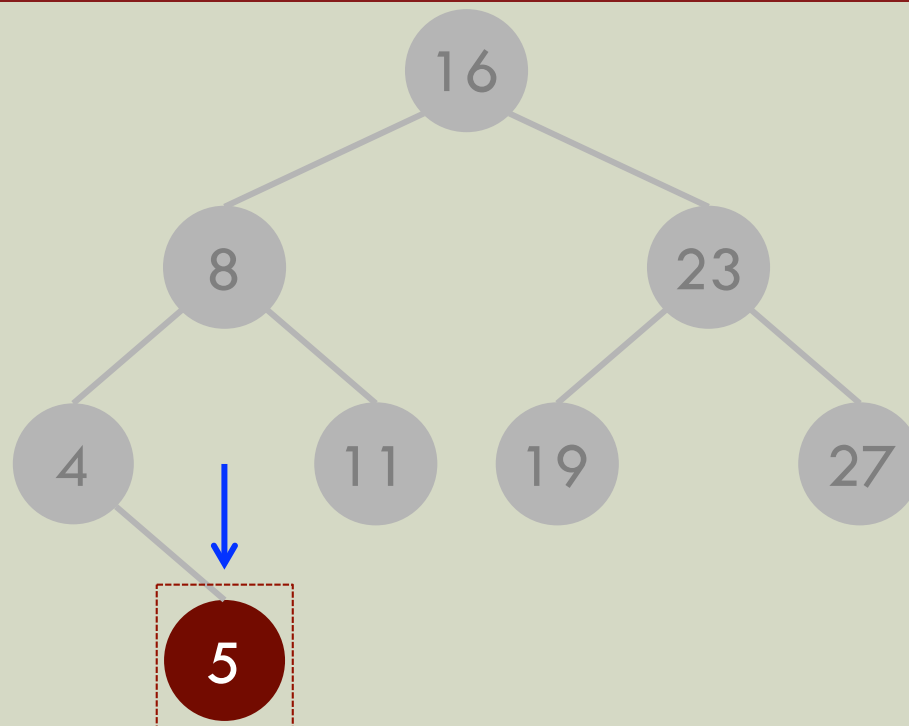
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM

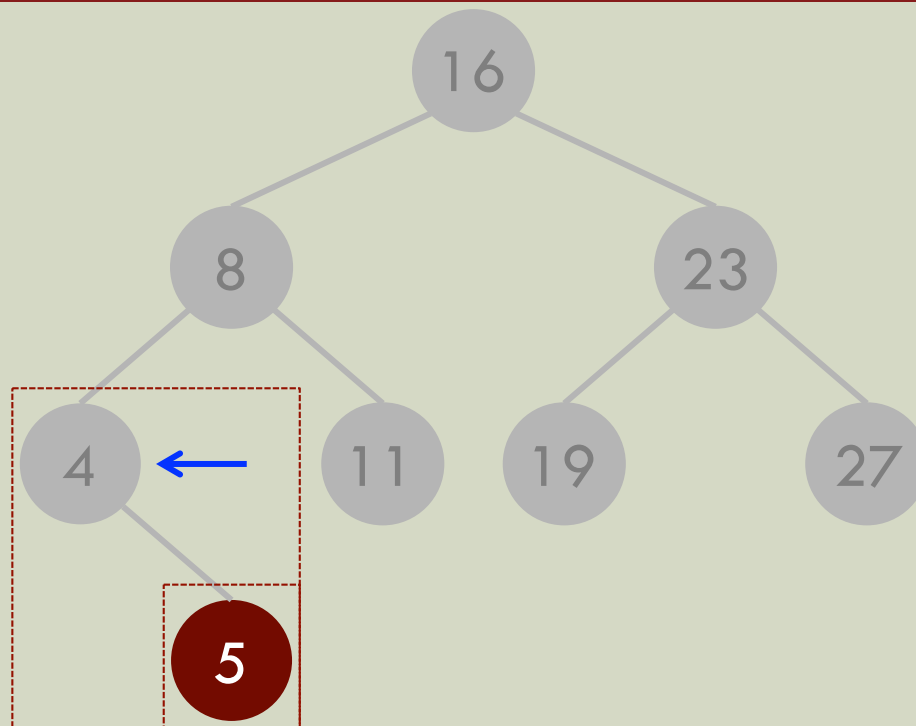


CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



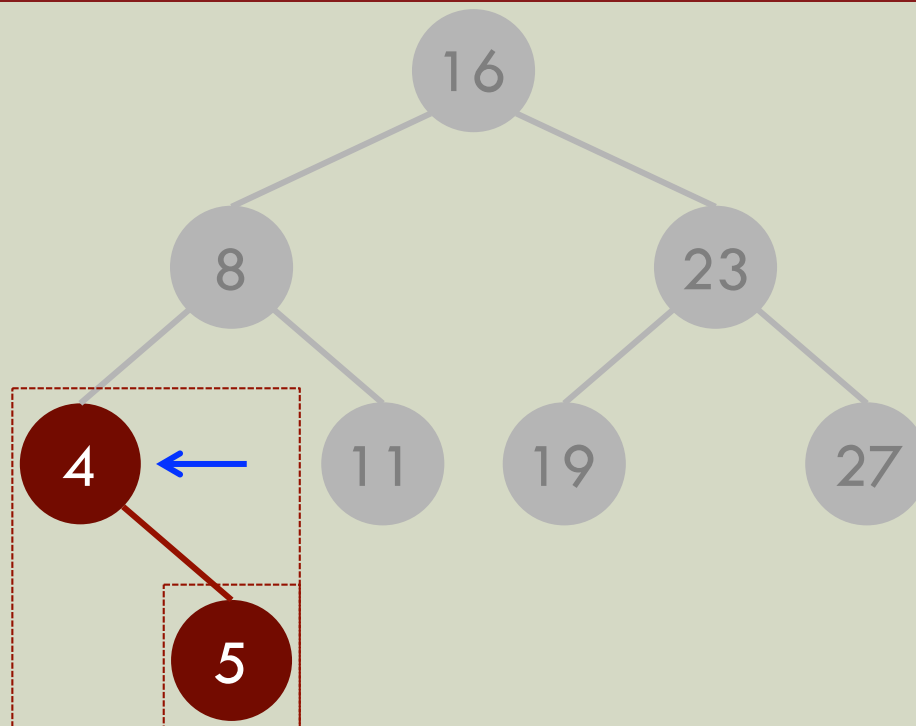
Impressão:
5

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



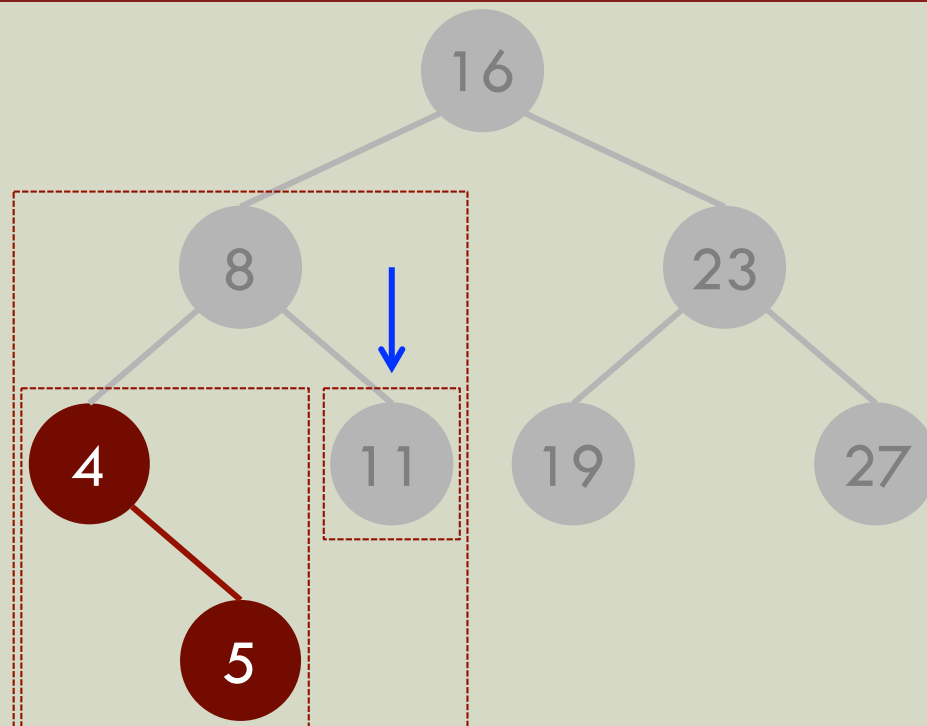
Impressão:
5

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



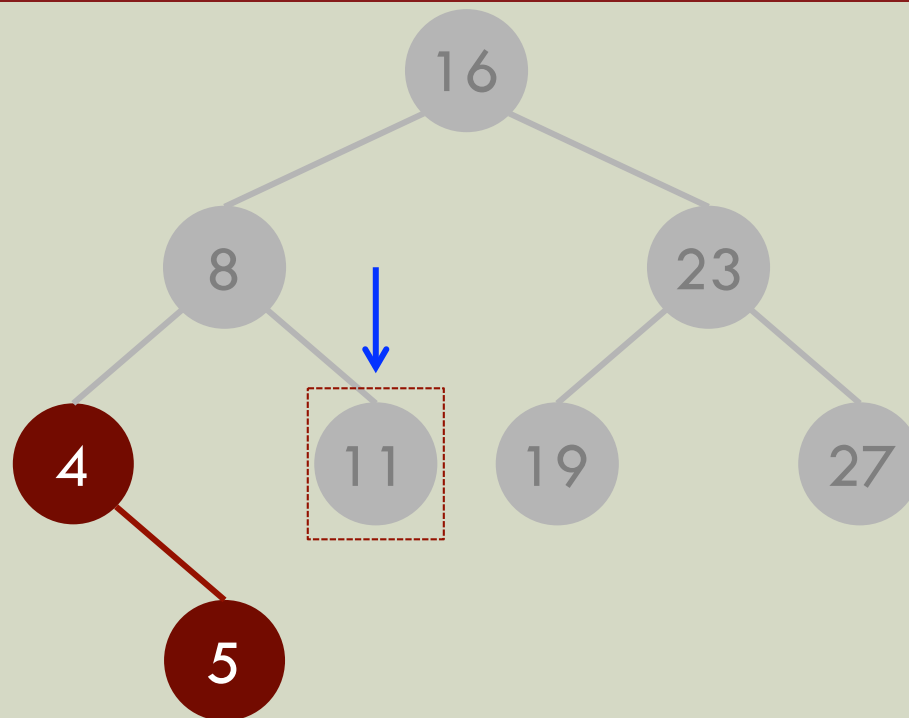
Impressão:
5 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



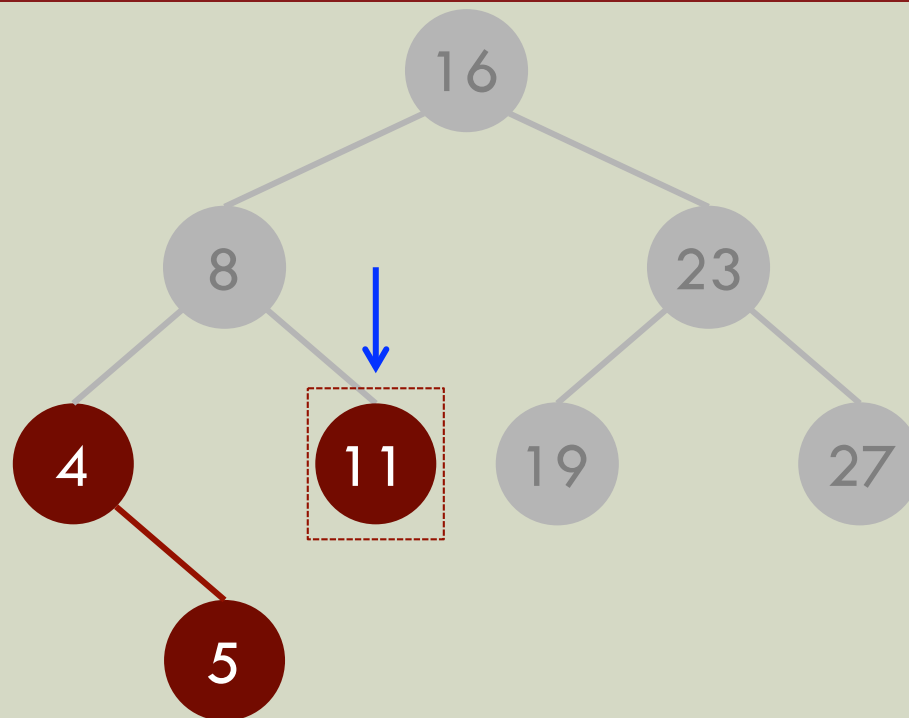
Impressão:
5 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



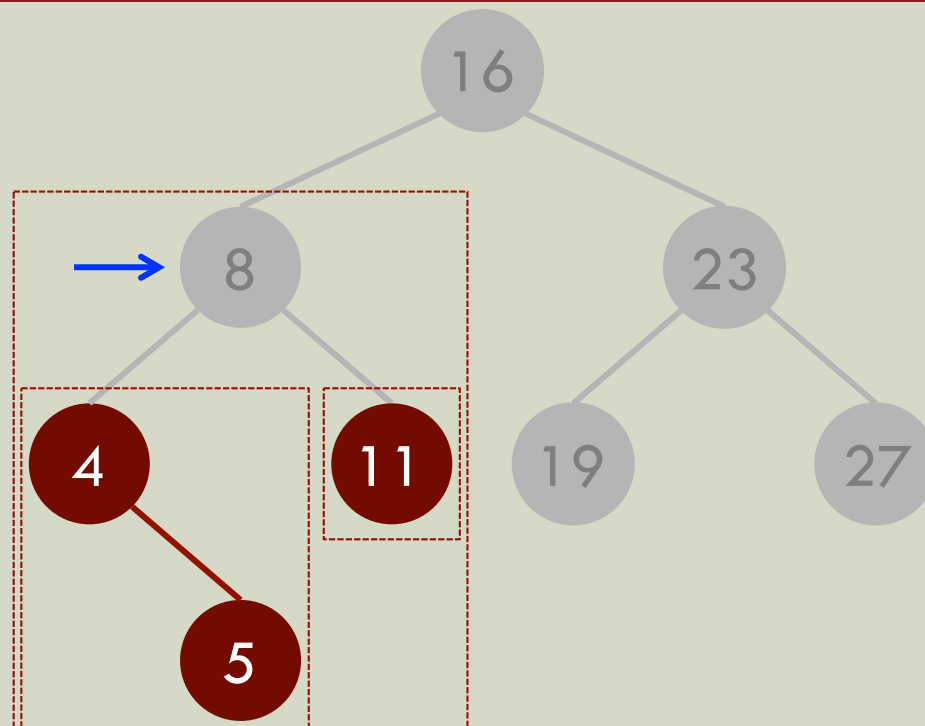
Impressão:
5 – 4

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



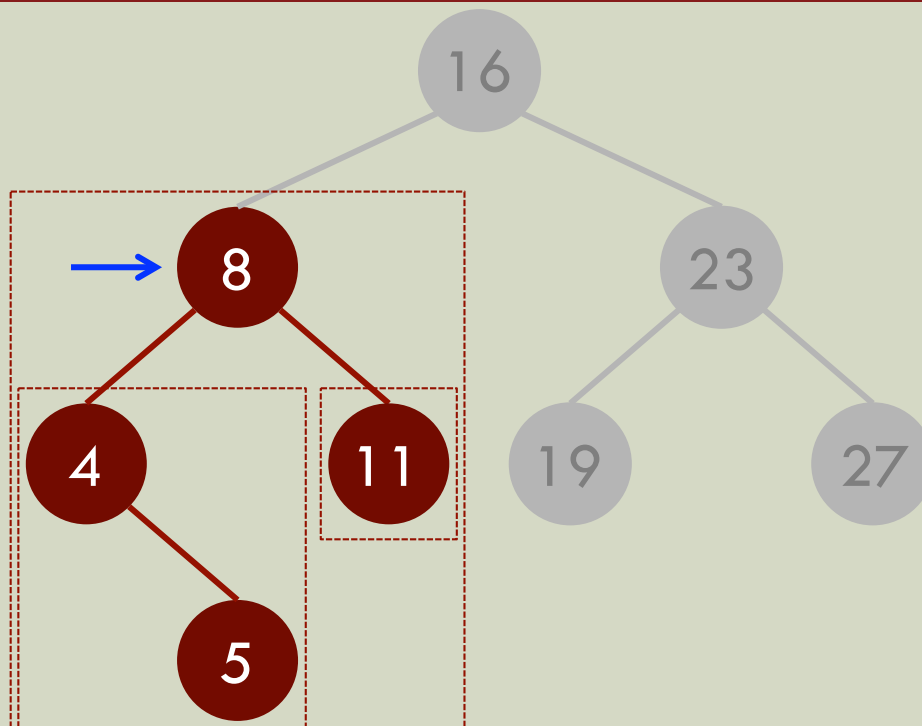
Impressão:
5 – 4 – 11

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



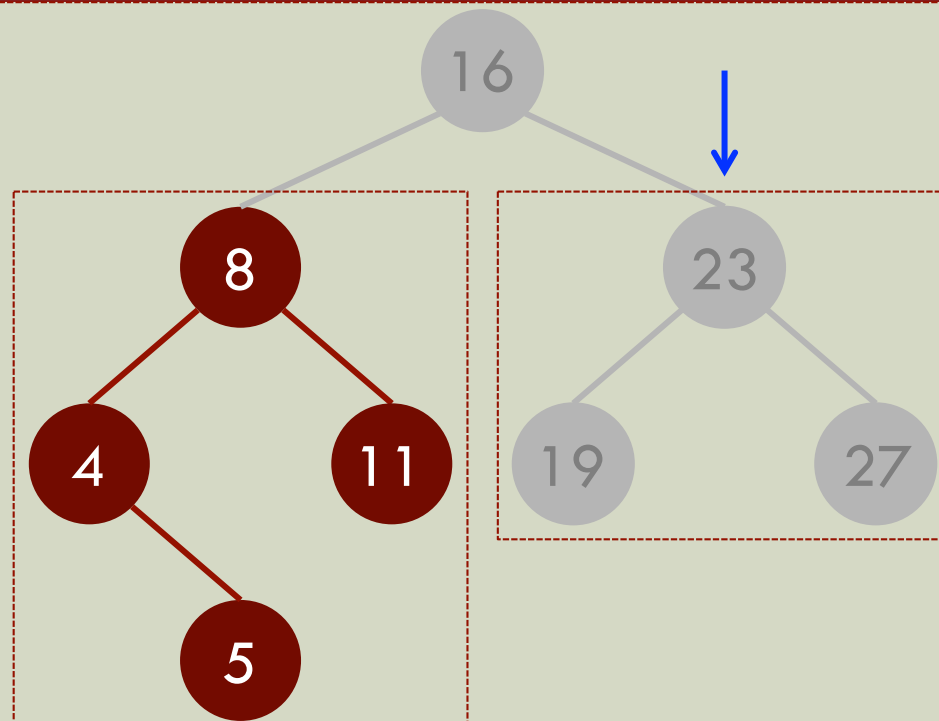
Impressão:
5 – 4 – 11

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



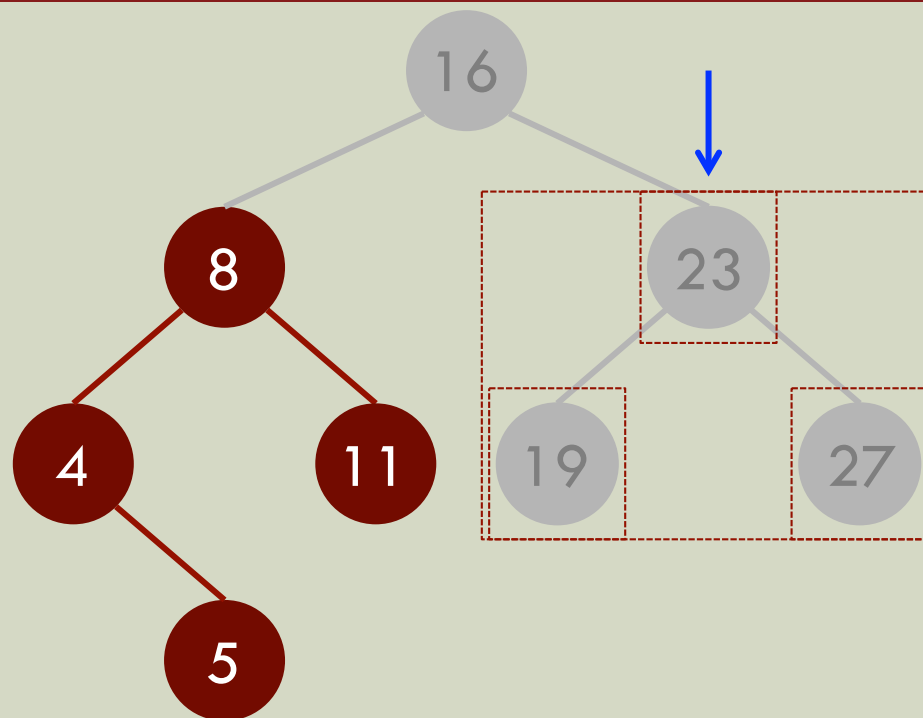
Impressão:
5 – 4 – 11 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



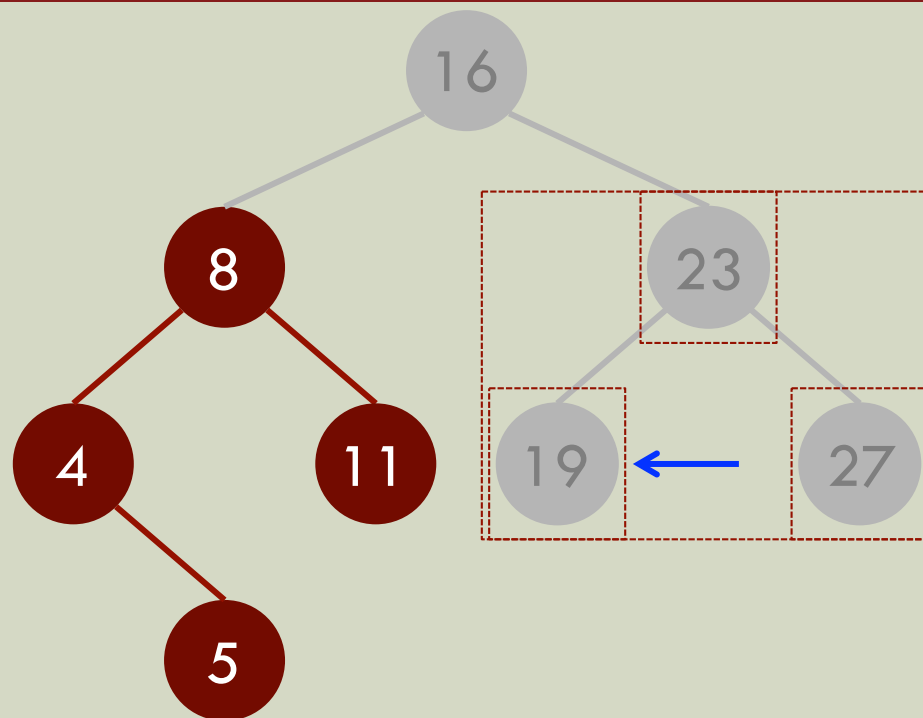
Impressão:
5 – 4 – 11 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:
5 – 4 – 11 – 8

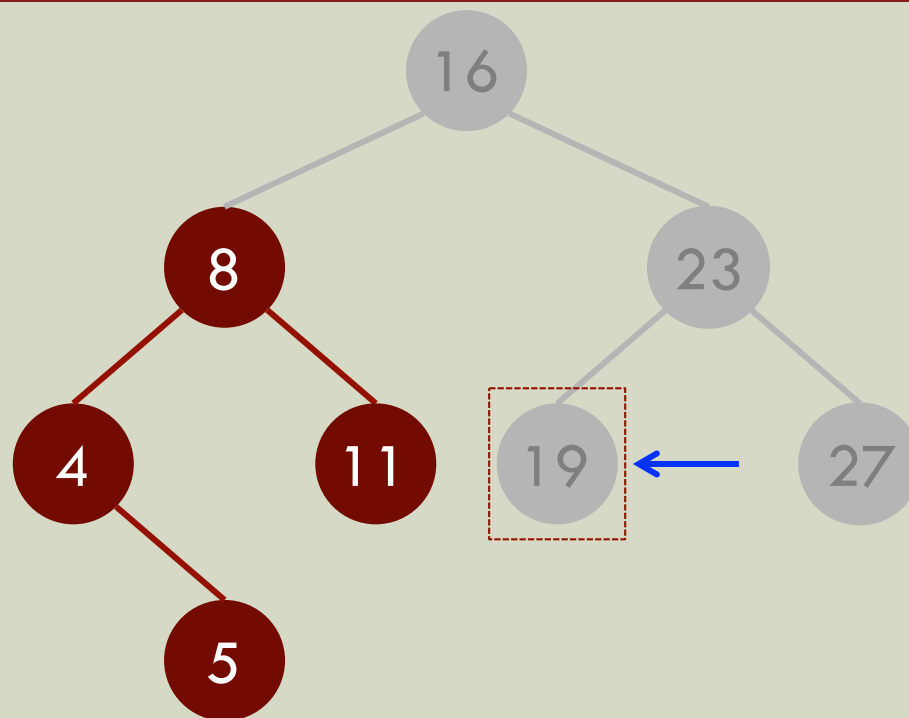
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

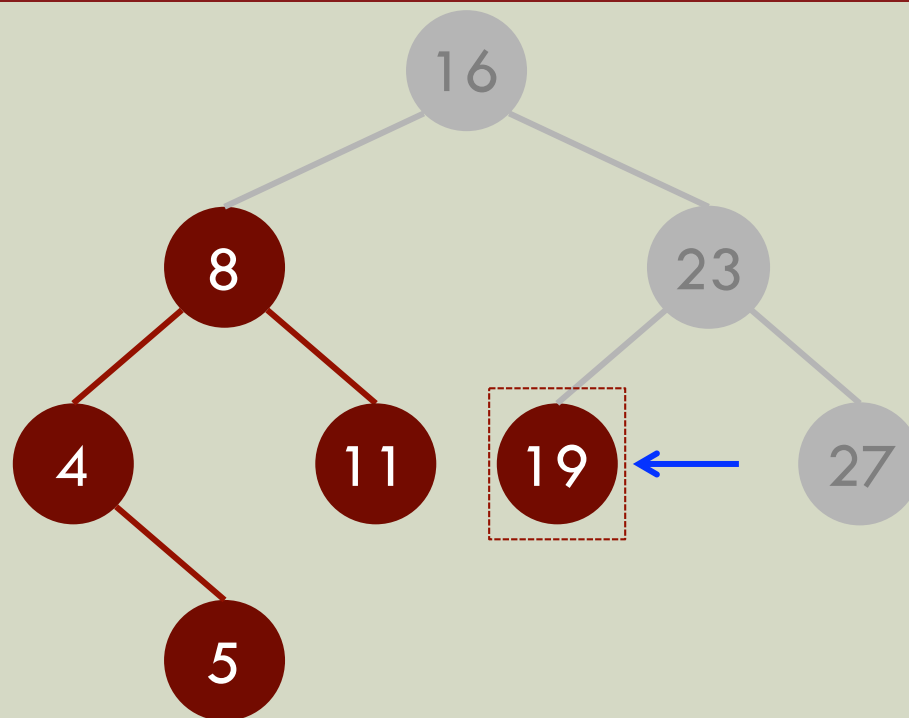
5 – 4 – 11 – 8

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:
5 – 4 – 11 – 8

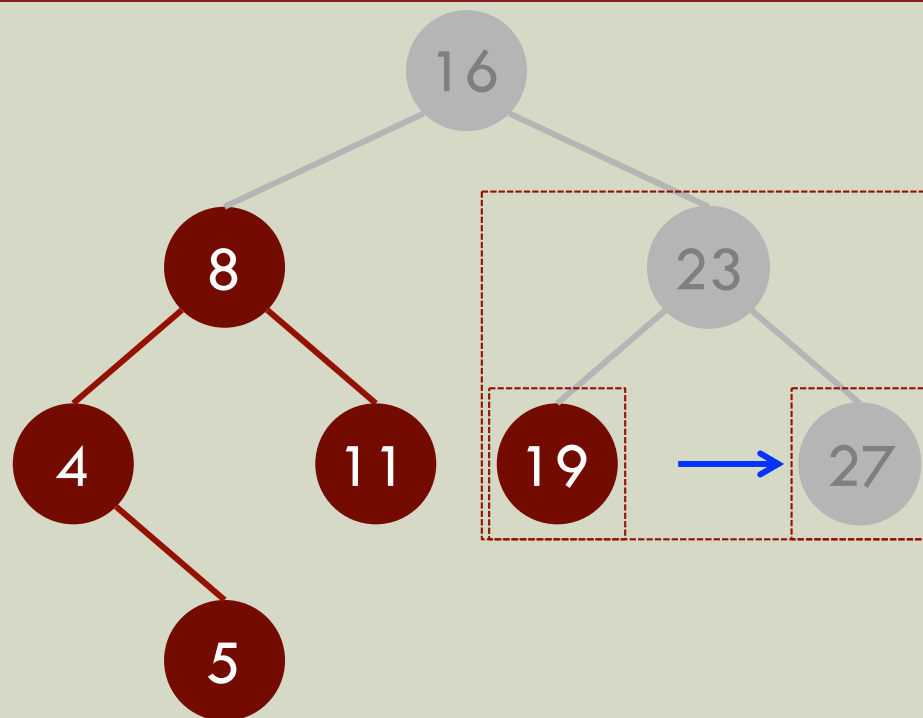
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19

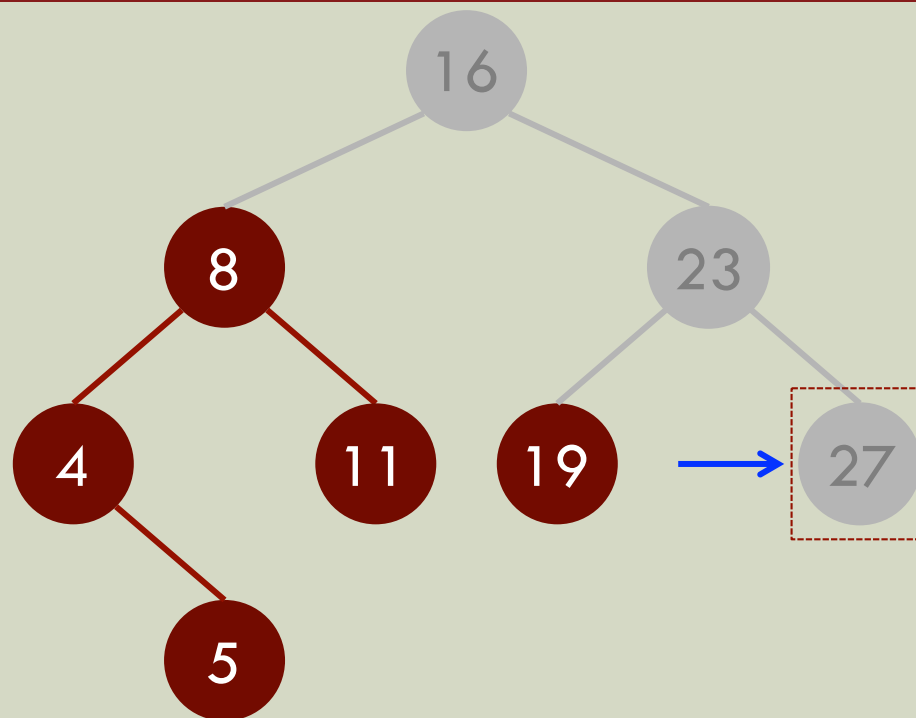
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19

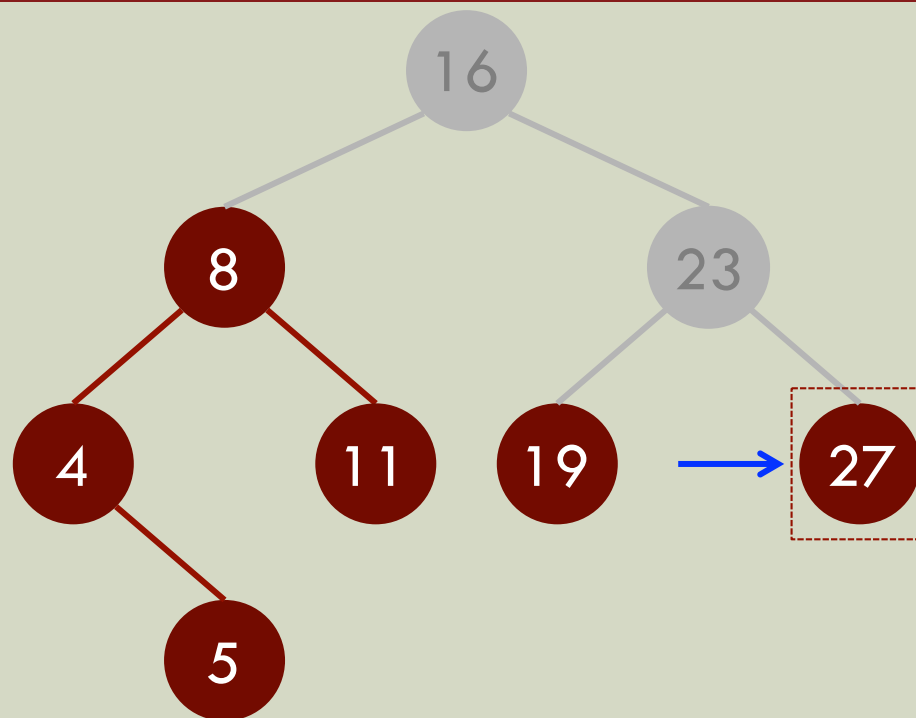
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19

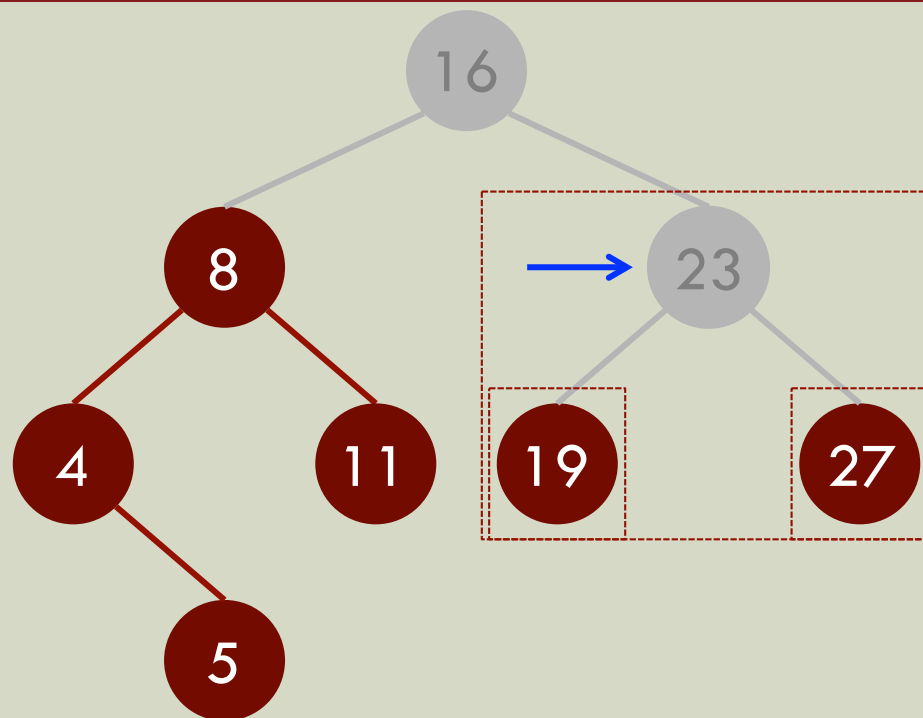
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19 – 27

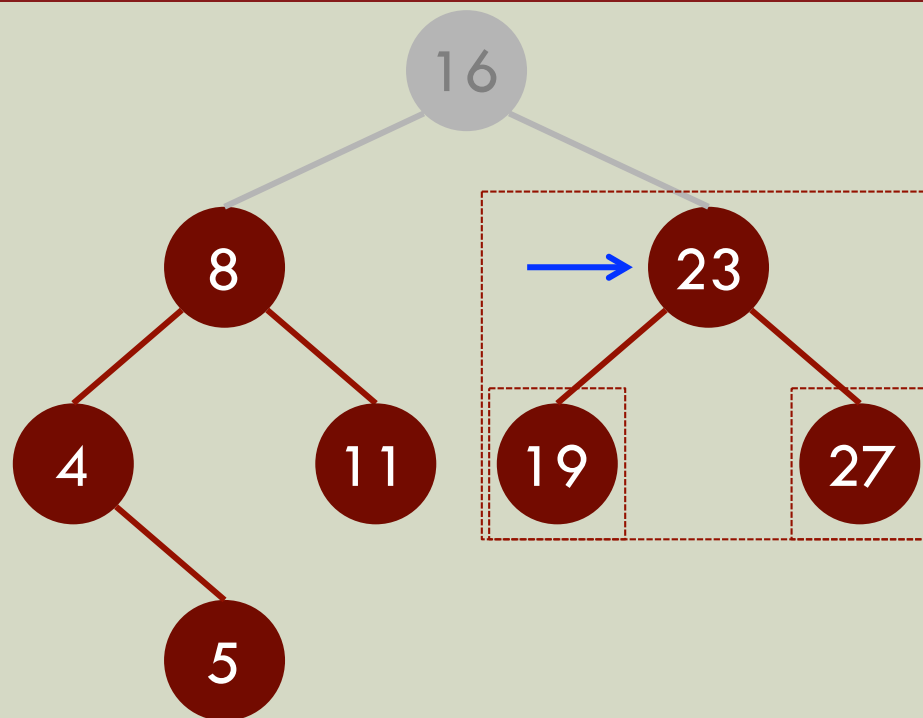
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19 – 27

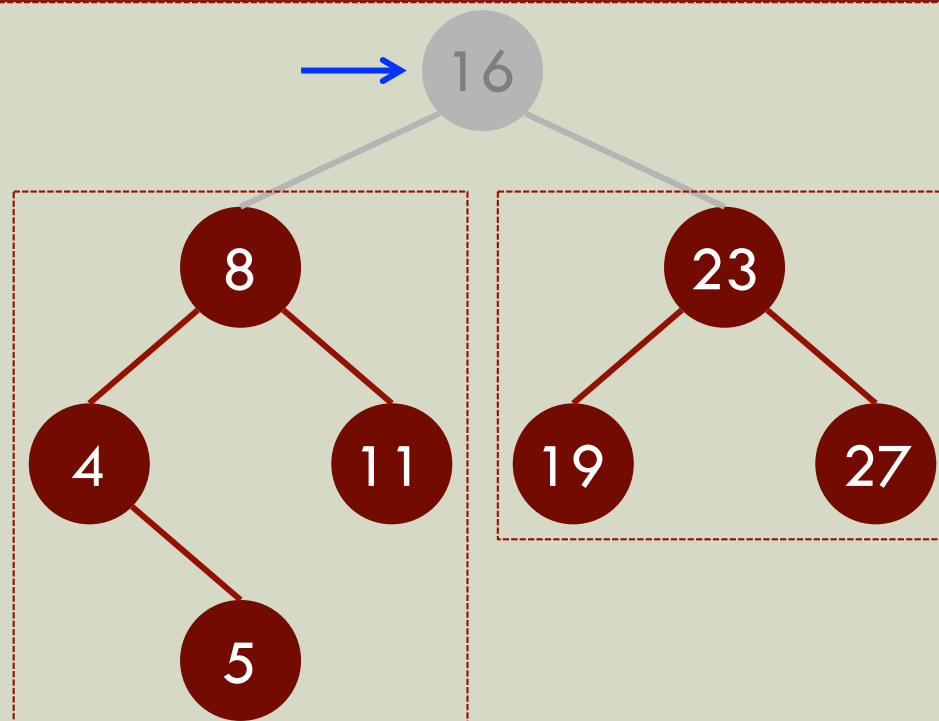
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19 – 27
– 23

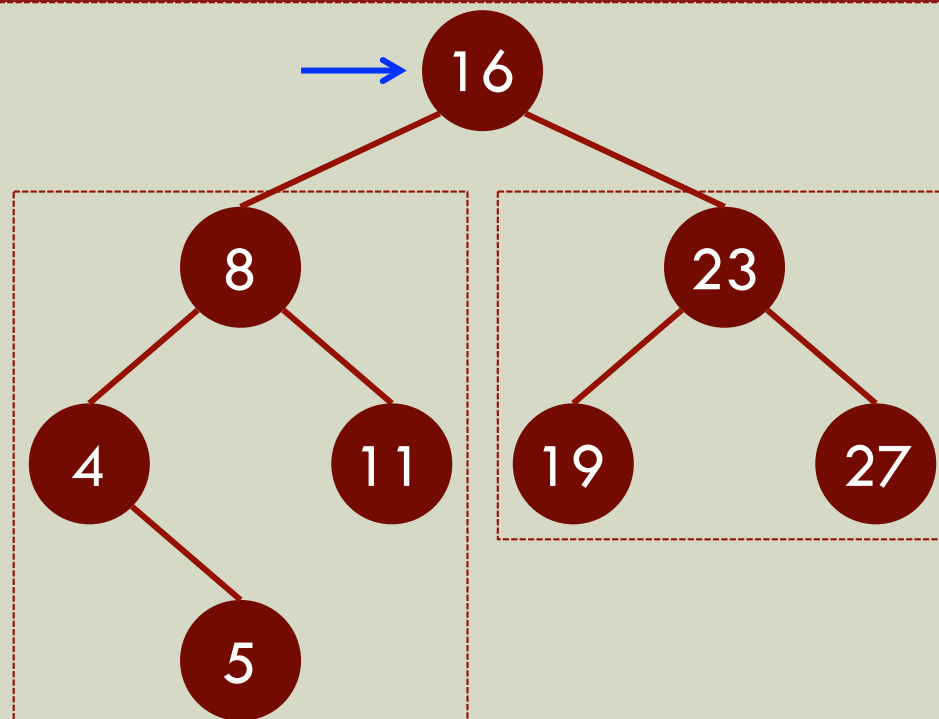
CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19 – 27
– 23

CLASSE ABB – CAMINHAMENTO PÓS-ORDEM



Impressão:

5 – 4 – 11 – 8 – 19 – 27
– 23 – 16

CLASSE ABB – PESQUISA – ANÁLISE

- Em uma **ABB** com n **nodos**;
 - qual seria a **quantidade de comparações** realizadas em uma operação de **pesquisa**?

CLASSE ABB – PESQUISA – ANÁLISE

- Em uma **ABB** com n **nodos**;
 - qual seria a **quantidade de comparações** realizadas em uma operação de **pesquisa**?
 - melhor caso: $C(n) = 1$
 - pior caso: $C(n) = n$
 - caso médio:
 - **a cada busca descarta-se metade dos nodos da árvore.**

CLASSE ABB – PESQUISA – ANÁLISE

- **Tempo de execução dos algoritmos** para árvores binárias de busca;
 - **depende muito do formato das árvores.**
- **Pior caso do algoritmo de pesquisa** em uma ABB;
 - **registros inseridos na árvore em ordem crescente ou decrescente de suas chaves;**
 - **árvore se torna uma lista linear.**