MC202 - Estrutura de Dados

Alexandre Xavier Falcão

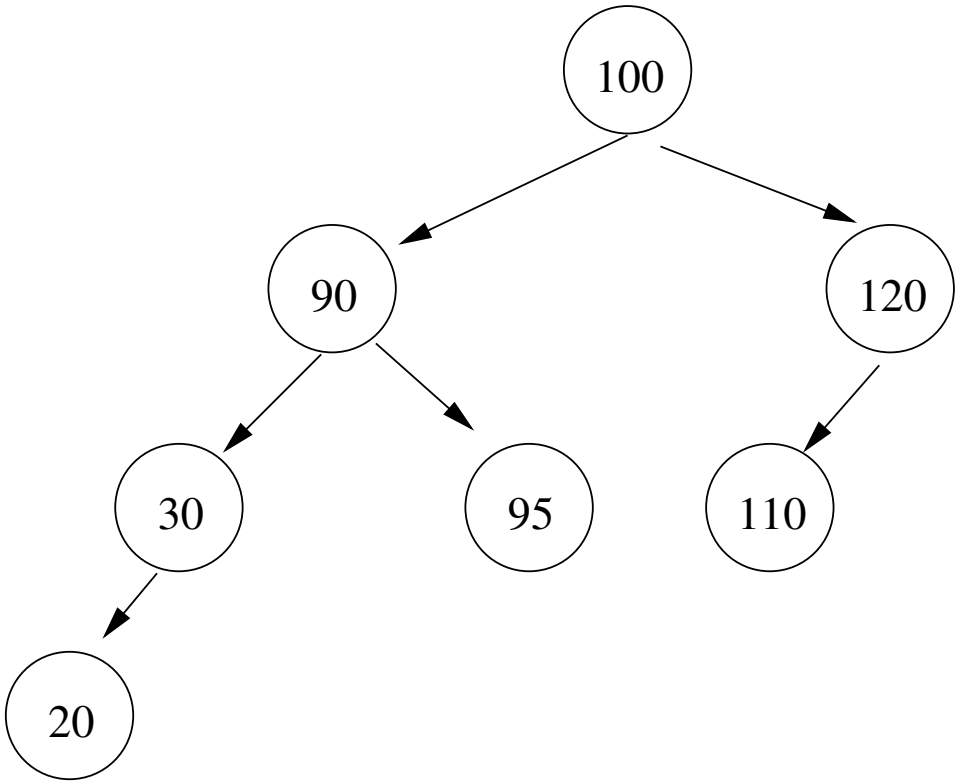
Instituto de Computação - UNICAMP

afalcao@ic.unicamp.br

Árvore Binária de Busca

Uma árvore binária é dita ser de busca se para qualquer nó x dela

- todos os nós da subárvore esquerda de x têm valores menores do que o valor de x e
- todos os nós da subárvore direita de x têm valores maiores do que o valor de x.



Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.

Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.

- Por exemplo, cada nó pode representar um registro de um arquivo em disco com informações sobre um dado indivíduo.

Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.
- Por exemplo, cada nó pode representar um registro de um arquivo em disco com informações sobre um dado indivíduo.
- Os valores do nós são denominados chaves primárias, porque identificam unicamente o registro correspondente, e a árvore binária é denominada índice primário.

Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.
- Por exemplo, cada nó pode representar um registro de um arquivo em disco com informações sobre um dado indivíduo.
- Os valores do nós são denominados chaves primárias, porque identificam unicamente o registro correspondente, e a árvore binária é denominada índice primário.
- Neste caso, o offset em bytes para alcançar o registro em disco é também armazenado no nó.

Árvore Binária de Busca

- A busca também pode contemplar nós com valores repetidos, denominados chaves secundárias, sendo a árvore um índice secundário.

Árvore Binária de Busca

- A busca também pode contemplar nós com valores repetidos, denominados chaves secundárias, sendo a árvore um índice secundário.

- Neste caso, os valores iguais ao valor da raiz podem ser armazenados na subárvore direita.

Árvore Binária de Busca

- A busca também pode contemplar nós com valores repetidos, denominados chaves secundárias, sendo a árvore um índice secundário.
- Neste caso, os valores iguais ao valor da raiz podem ser armazenados na subárvore direita.
- Em vez do offset para o registro em disco, teríamos o valor da chave primária correspondente de cada nó, para continuar a busca no índice primário. O índice secundário seria chamado de índice invertido.

Agenda

- Inserção em árvore binária de busca.
- Remoção em árvore binária de busca.

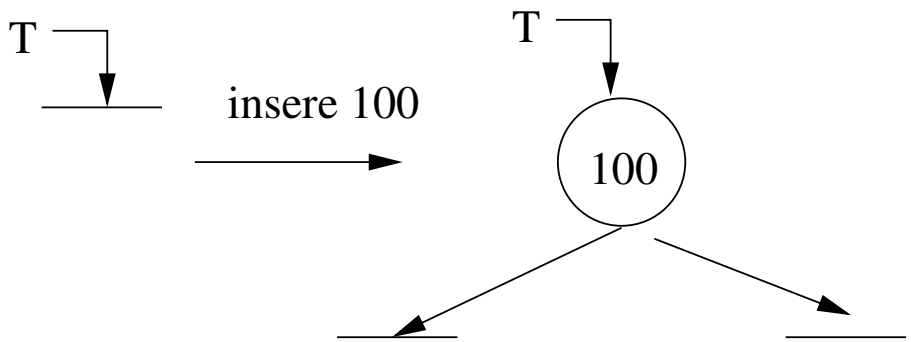
Inserção em Árvore Binária de Busca

Podemos dividir a inserção de um valor em dois casos.

Inserção em Árvore Binária de Busca

Podemos dividir a inserção de um valor em dois casos.

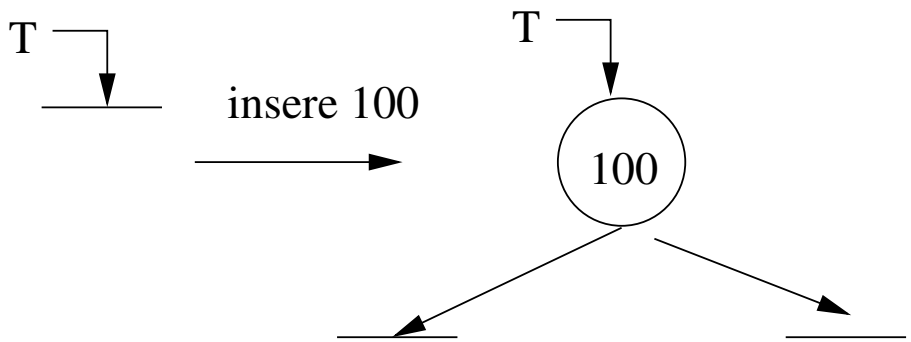
- Árvore vazia: Cria-se um nó com apontadores nulos para as subárvores esquerda e direita, e retorna-se seu apontador.



Inserção em Árvore Binária de Busca

Podemos dividir a inserção de um valor em dois casos.

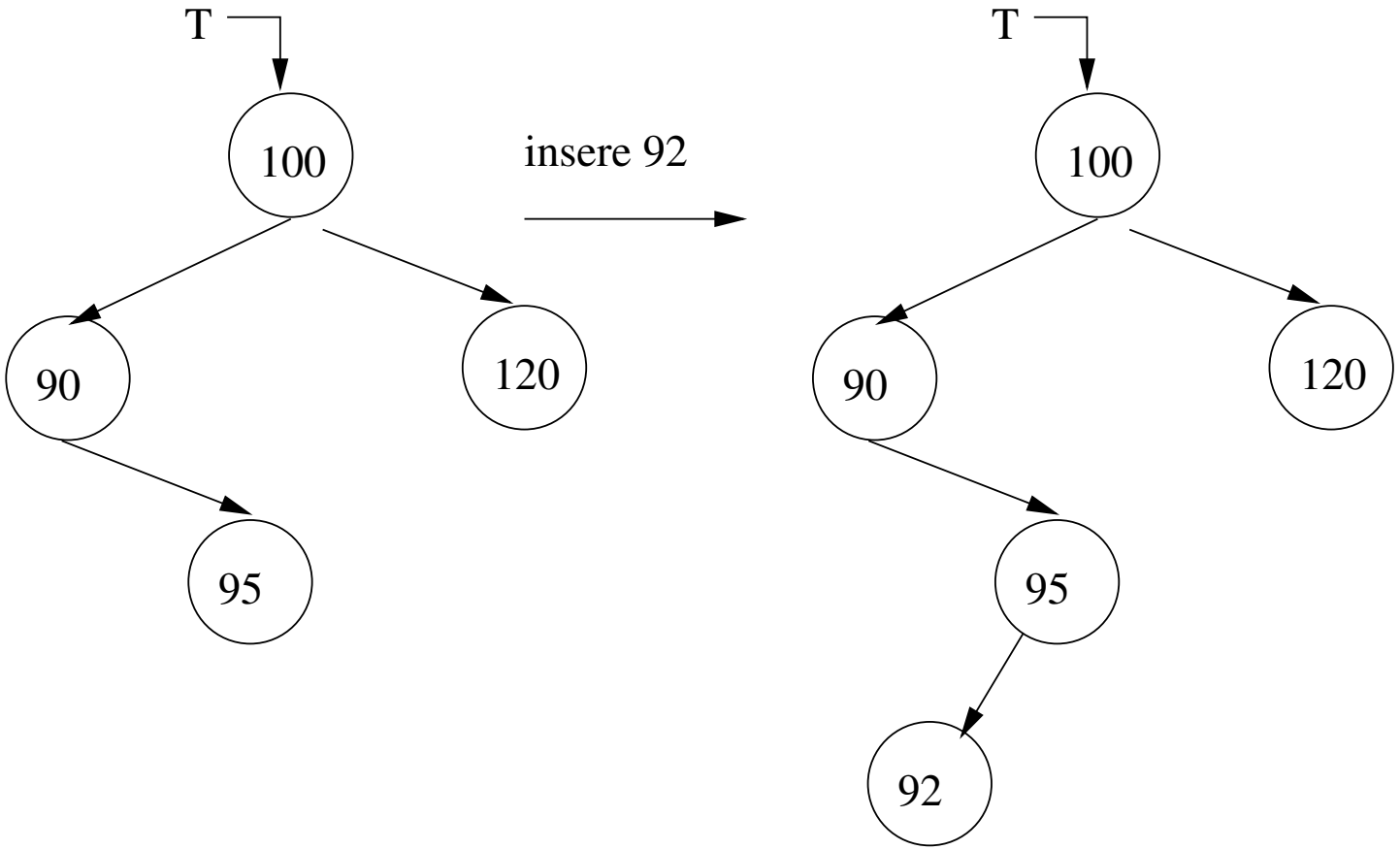
- Árvore vazia: Cria-se um nó com apontadores nulos para as subárvores esquerda e direita, e retorna-se seu apontador.



- Árvore não-vazia: Insere-se na subárvore esquerda, se o valor for menor que o da raiz, ou na direita no caso contrário.

Inserção em Árvore Binária de Busca

- Árvore não-vazia: Insere-se na subárvore esquerda, se o valor for menor que o da raiz, ou na direita no caso contrário.



Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:
    - Salve p em um apontador auxiliar,

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

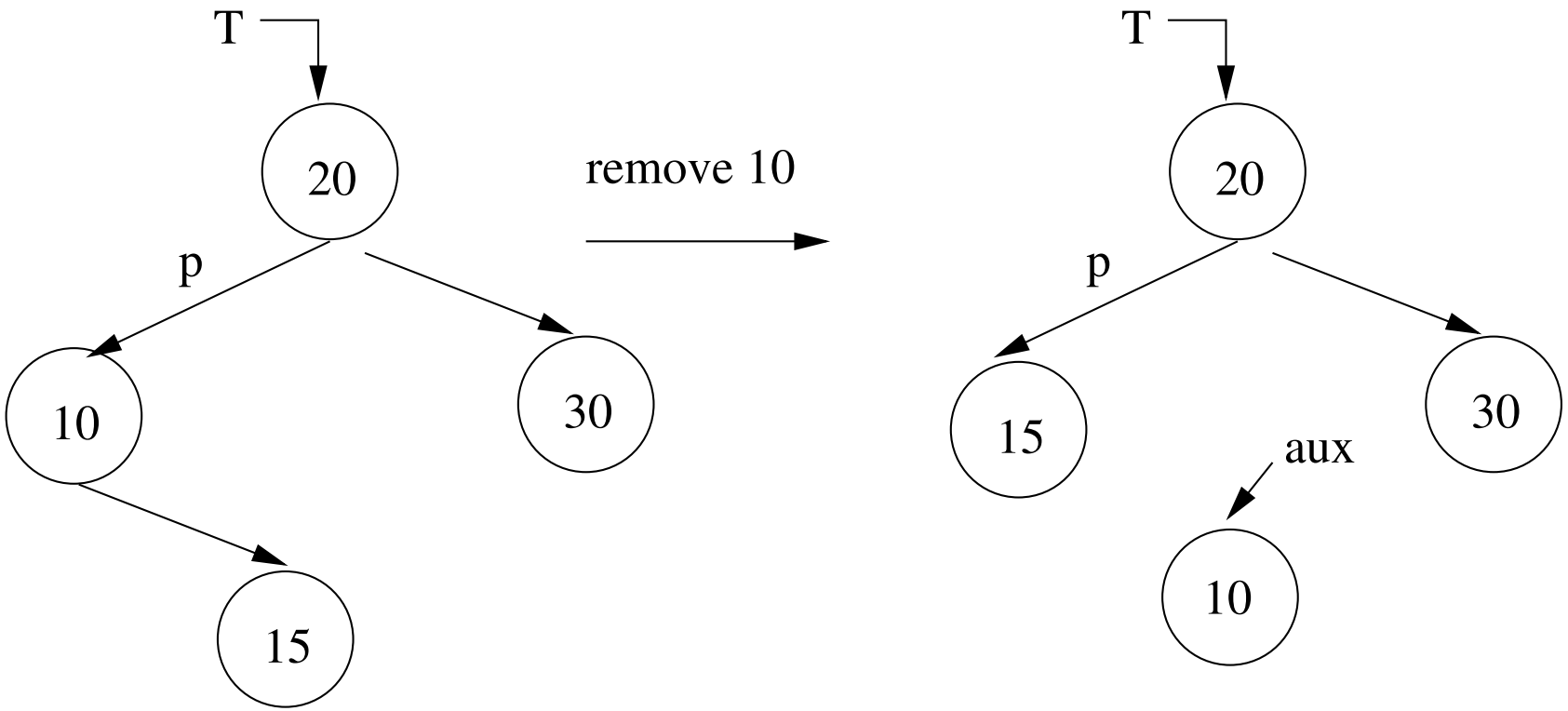
- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:
  - Salve p em um apontador auxiliar,
  - Mude seu conteúdo para apontar para o filho não-nulo (ou NULL no caso de folha), e

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:
  - Salve p em um apontador auxiliar,
  - Mude seu conteúdo para apontar para o filho não-nulo (ou NULL no caso de folha), e
  - Libere a memória apontada pelo auxiliar.

Remoção em Árvore Binária de Busca



Remoção em Árvore Binária de Busca

- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:

Remoção em Árvore Binária de Busca

- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:
    - Substitua o valor apontado por p pelo de seu sucessor imediato (o nó mais à esquerda da subárvore direita), e

Remoção em Árvore Binária de Busca

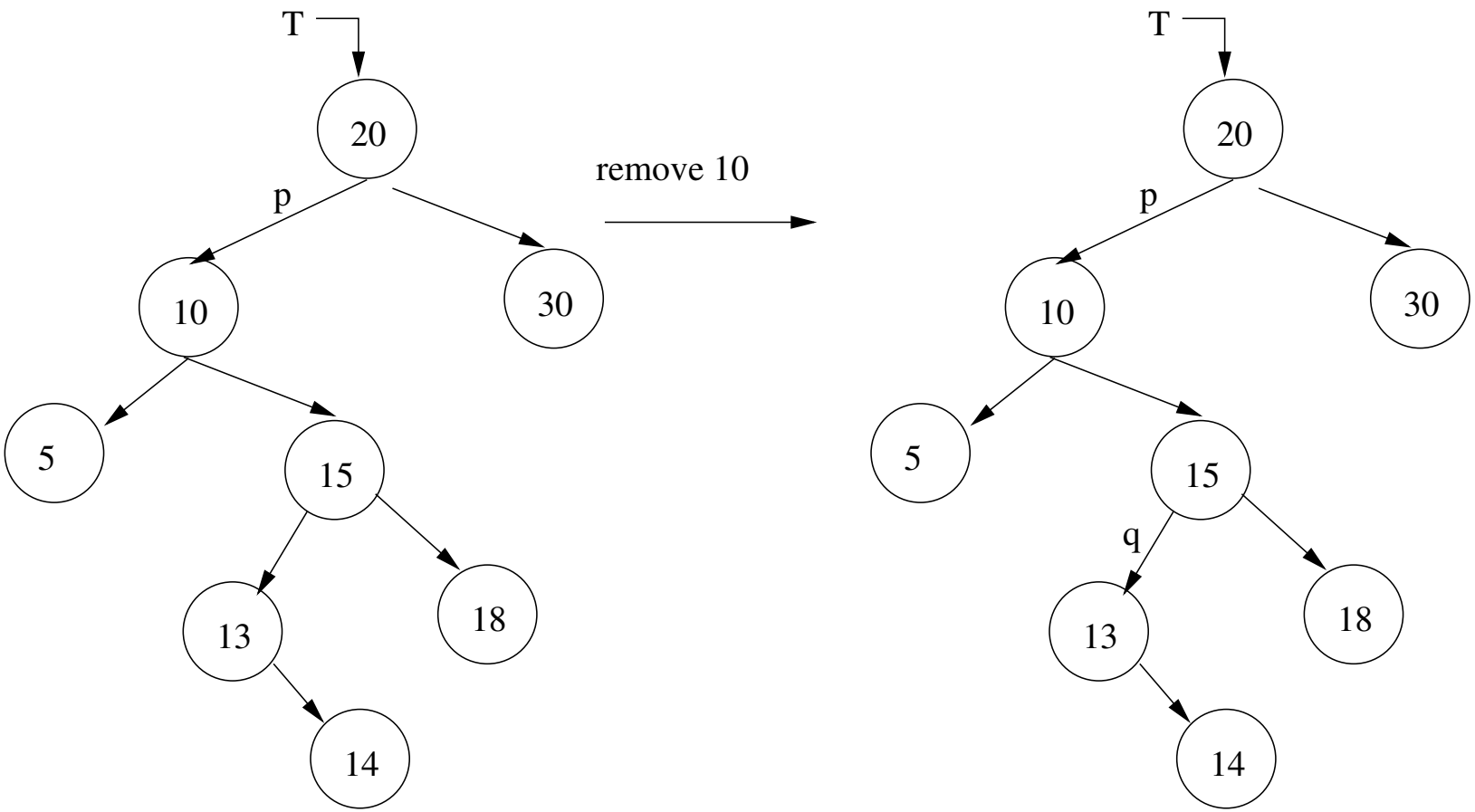
- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:
  - Substitua o valor apontado por p pelo de seu sucessor imediato (o nó mais à esquerda da subárvore direita), e
  - na busca pelo sucessor, remova o sucessor com a rotina do caso anterior, pois terá no máximo um filho à direita.

Remoção em Árvore Binária de Busca

- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:
  - Substitua o valor apontado por p pelo de seu sucessor imediato (o nó mais à esquerda da subárvore direita), e
  - na busca pelo sucessor, remova o sucessor com a rotina do caso anterior, pois terá no máximo um filho à direita.

Note que o apontador da subárvore direita deve ser passado por referência devido a remoção dentro da função de busca pelo sucessor.

Remoção em Árvore Binária de Busca



Remoção em Árvore Binária de Busca