

Exercício: Algoritmos e Estrutura de Dados I

Universidade Federal do ABC

## RAs e Notas (AVL)

O professor ABC guarda os RAs (número de registro do aluno) e nota de cada aluno em um sistema. Esse sistema usa uma árvore binária de busca (AVL). O sistema possui funções para incluir e remover dados. Para avaliar o desempenho do sistema, o professor ABC resolveu adicionar alguns indicadores: altura da árvore e quantidade de comparações realizadas na busca.

### Exercício:

Escreva um programa em linguagem C que receba uma sequência de operações (inserção, remoção, busca e obter altura). Quando for feita uma **operação de busca**, o programa deve imprimir a quantidade de comparações realizadas na **árvore binária de busca**. Nas operações de inserção e remoção o programa deve mostrar detalhes do balanceamento, conforme especificado na seção **Rotações**.

Salve o código no arquivo: **avlnotas.c** **O programa deverá utilizar uma árvore AVL.**

**Atenção: libere a árvore da memória ao final do programa.**

### Entrada e saída

O sistema receberá diversas entradas e, dependendo da operação, pode haver parâmetros adicionais:

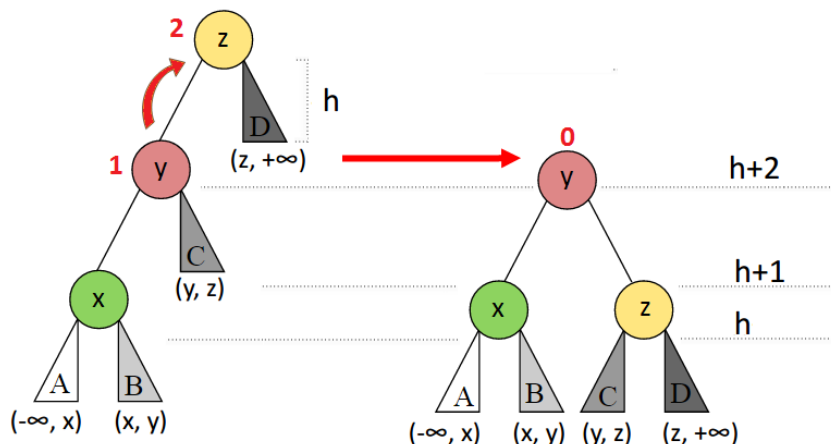
Operação	Exemplo	Descrição
I [RA] [Nota]	I 90 8	<b>Insere</b> um item na árvore, com o RA e a nota informados. RA e nota são números inteiros (int). <b>Caso o RA informado já exista na árvore, apenas a nota é atualizada (e não é inserido um novo nó). Portanto, não haverá nós com RAs repetidos na árvore.</b> <i>O programa deve imprimir detalhes sobre o balanceamento, conforme especificado na seção <b>Rotações</b>.</i>
R [RA]	R 90	<b>Remove</b> o nó com o RA informado. Para a remoção, use a <i>remoção por cópia</i> de T. Hibbard e D. Knuth. Considere a versão que usa o <b>sucessor</b> quando um elemento que possui duas subárvores não nulas é removido. <i>O programa deve imprimir detalhes sobre o balanceamento, conforme especificado na seção <b>Rotações</b>.</i>

B [RA]	B 90	<b>Busca</b> o nó com o RA informado. Após realizar a busca, mostre a <b>quantidade de comparações realizadas</b> até o fim da busca e a <b>nota do aluno</b> no seguinte formato: "C=[NumComparações] Nota=[Nota]". Por exemplo, "C=2 Nota=9". Quando o RA não for encontrado, assuma nota = -1. Por exemplo, "C=2 Nota=-1".
A	A	Mostra a <b>altura</b> da árvore no formato "A = [Altura]". Por exemplo, "A=3".
P	P	Imprime a árvore em pós-ordem, libera a árvore da memória e finaliza o programa. Imprimir "[]" se árvore já estiver vazia.

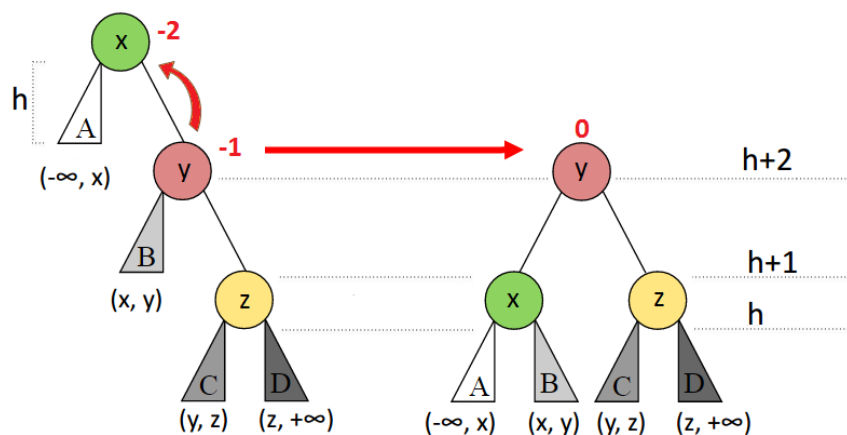
## Rotações

Há quatro rotações possíveis em uma AVL. As figuras a seguir são dos slides da aula sobre Árvores AVL: [http://professor.ufabc.edu.br/~mirtha.lina/UFABC/docAEDI/aedi\\_AVL.pdf](http://professor.ufabc.edu.br/~mirtha.lina/UFABC/docAEDI/aedi_AVL.pdf)

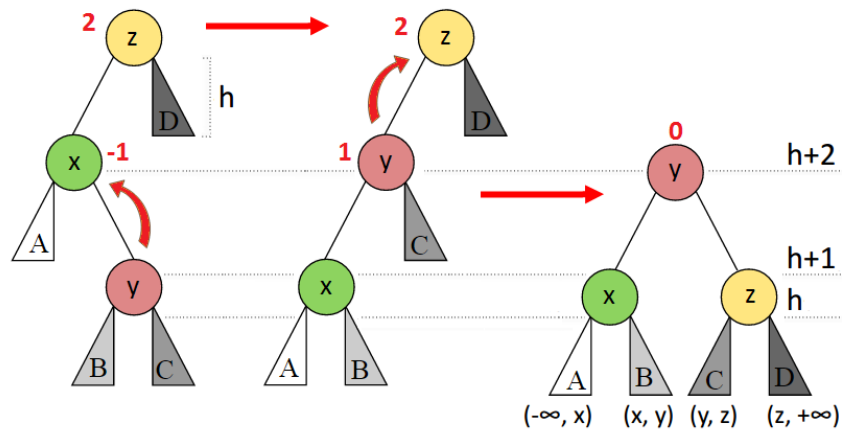
### Rotação simples à direita (SD)



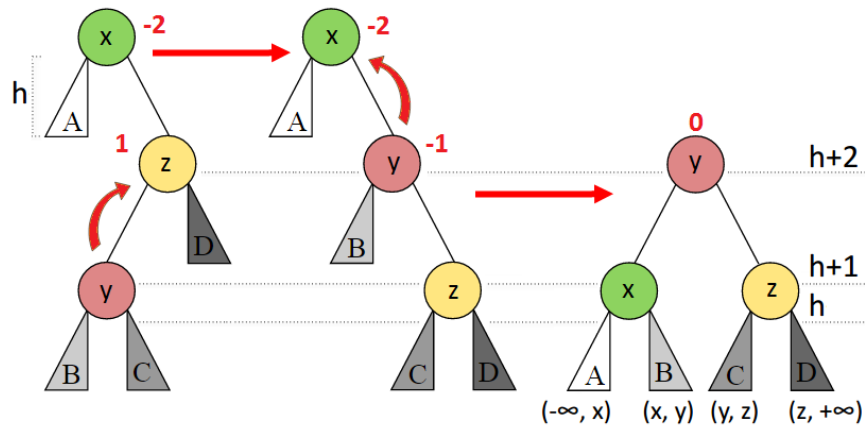
### Rotação simples à esquerda (SE)



### Rotação dupla à direita (DD)



### Rotação dupla à esquerda (DE)



Após uma inserção ou remoção, deve ser impresso [Ja esta balanceado] se não foi necessário aplicar qualquer rotação para balancear a árvore. Caso seja aplicada alguma rotação, deve ser impresso o nó desbalanceado, a rotação aplicada e os nós envolvidos. Utilize o formato do exemplo a seguir:

[No desbalanceado: 16]

[Rotacao: SE]

[x=16 y=20 z=22]

### Observações:

- não há acentos nas palavras impressas;
- os valores x, y e z referem-se aos nós especificados nas figuras das rotações apresentadas;
- na remoção, pode haver mais de uma rotação.

**Exemplos (as saídas estão em verde):**

Exemplo 1 (sem remoção)	Exemplo 2 (sem remoção)
I 8 10 [Ja esta balanceado] I 16 9 [Ja esta balanceado] I 20 5 [No desbalanceado: 8] [Rotacao: SE] [x=8 y=16 z=20] A A=1 I 10 5 [Ja esta balanceado] I 15 4 [No desbalanceado: 8] [Rotacao: SE] [x=8 y=10 z=15] B 15 C=3 Nota=4 P [8 15 10 20 16 ]	I 20 10 [Ja esta balanceado] I 10 7 [Ja esta balanceado] I 5 9 [No desbalanceado: 20] [Rotacao: SD] [x=5 y=10 z=20] I 8 4 [Ja esta balanceado] I 6 8 [No desbalanceado: 5] [Rotacao: DE] [x=5 y=6 z=8] I 15 9 [Ja esta balanceado] I 18 9 [No desbalanceado: 20] [Rotacao: DD] [x=15 y=18 z=20] A A=2 B 20 C=3 Nota=10 P [5 8 6 15 20 18 10 ]

Exemplo 3 (com remoção)	Exemplo 4 (com remoção que requer duas rotações)
I 8 10 [Ja esta balanceado] I 16 9 [Ja esta balanceado] I 20 5 [No desbalanceado: 8] [Rotacao: SE] [x=8 y=16 z=20] A A=1 I 10 5 [Ja esta balanceado] I 15 4 [No desbalanceado: 8] [Rotacao: SE] [x=8 y=10 z=15]	I 50 6 [Ja esta balanceado] I 25 6 [Ja esta balanceado] I 78 8 [Ja esta balanceado] I 15 0 [Ja esta balanceado] I 40 9 [Ja esta balanceado] I 60 5 [Ja esta balanceado] I 80 5 [Ja esta balanceado] I 35 10 [Ja esta balanceado]

B 15 C=3 Nota=4 R 8 [Ja esta balanceado] R 16 [No desbalanceado: 20] [Rotacao: DD] [x=10 y=15 z=20] A A=1 B 20 C=2 Nota=5 P [10 20 15 ]	I 55 10 [Ja esta balanceado] I 65 3 [Ja esta balanceado] I 90 9 [Ja esta balanceado] I 62 7 [Ja esta balanceado] A A=4 R 15 [No desbalanceado: 25] [Rotacao: DE] [x=25 y=35 z=40] [No desbalanceado: 50] [Rotacao: DE] [x=50 y=60 z=78] R 55 [No desbalanceado: 50] [Rotacao: SD] [x=25 y=35 z=50] A A=3 B 40 C=4 Nota=9 B 60 C=1 Nota=5 P [25 40 50 35 62 65 90 80 78 60 ]
--	---