



Estruturas de Dados
Aula 16:
Árvores com Número Variável
de Filhos

Fontes Bibliográficas

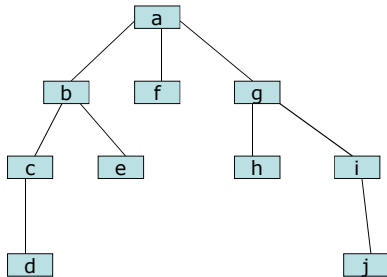


- Livros:
 - Introdução a Estruturas de Dados (Celes, Cerqueira e Rangel): **Capítulo 13**;
 - Projeto de Algoritmos (Nivio Ziviani): **Capítulo 5**;
 - Estruturas de Dados e seus Algoritmos (Szwarcfiter, et. al): **Capítulo 3**;
 - Algorithms in C (Sedgewick): **Capítulo 5**;
- Slides baseados no material da PUC-Rio, disponível em <http://www.inf.puc-rio.br/~inf1620/>.

Árvore com Número Variável de Filhos



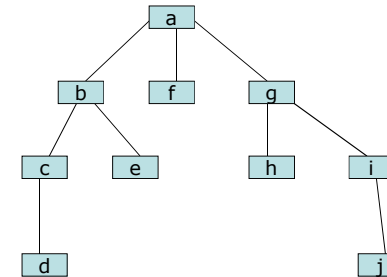
- Árvore com número variável de filhos:
 - cada nó pode ter mais do que duas sub-árvores associadas
 - sub-árvores de um nó dispostas em ordem
 - primeira sub-árvore (*sa1*),
 - segunda sub-árvore (*sa2*), etc.



Representação



- Em formato textual
 - <raiz sa1 sa2 ... san>
- A árvore exemplo seria representado por
 - <a <b <c <d>> <e>> <f> <g <h> <i <j>>>>

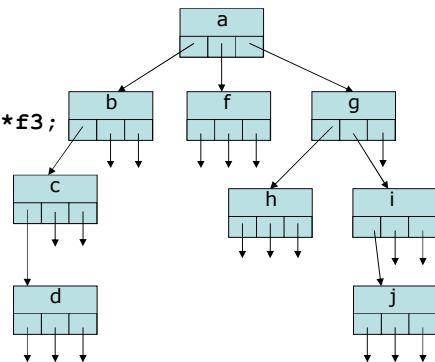


Representação em C



- São possíveis várias representações em C (dependendo da aplicação)
- Por exemplo, em uma aplicação na qual sabe-se que o número máximo de filhos de um dado nó é 3:

```
struct arv3 {  
    char info;  
    struct arv3 *f1, *f2, *f3;  
};
```



Representação em C (cont.)



- Função para imprimir

```
void arv3_imprime (Arv3* a) {  
    if (a != NULL) {  
        printf("<%c", a->info);  
        arv3_imprime (a->f1);  
        arv3_imprime (a->f2);  
        arv3_imprime (a->f3);  
        printf(">");  
    }  
}
```

- Note que não há uma maneira sistemática para acessar os nós filhos.
- Impraticável declarar um campo para cada filho (imagine uma árvore com até 100 filhos!)

Representação em C (cont.)



- Uma outra representação possível

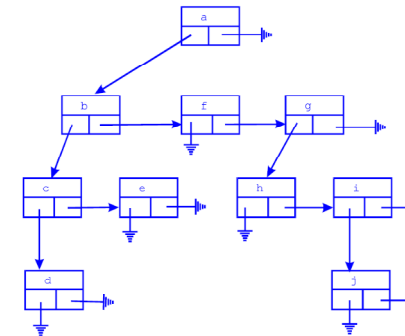
```
#define N 3
struct arv3 {
    char info;
    struct arv3 *f[N];
}
void arv3_imprime (Arv3* a){
    if (a != NULL){
        int i;
        printf("<%c", a->info);
        for (i=0; i<N; i++)
            arv3_imprime (a->f[i]);
        printf(">");
    }
}
```

- Essa abordagem é adequada para aplicações que não se sabe o número de filhos?

Representação em C Adotada



- Adequada para representar um número variável de filhos
- Filhos de um nó são representados por uma *lista*
 - um nó aponta para o seu primeiro filho (*prim*)
 - cada filho aponta para o próximo (*prox*) irmão



Representação em C Adotada



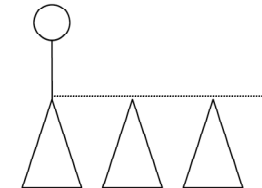
- Representação de um nó da árvore:
 - a informação propriamente dita (exemplo: um caractere)
 - ponteiro para a primeira sub-árvore filha
 - NULL se o nó for uma folha
 - ponteiro para a próxima sub-árvore irmão
 - NULL se for o último filho

```
struct arvvar {  
    char info;  
    struct arvvar *prim; /* ponteiro para eventual primeiro filho */  
    struct arvvar *prox; /* ponteiro para eventual irmão */  
};  
typedef struct arvvar ArvVar;
```

Definição



- Para implementações recursivas, usar a seguinte definição:
- Uma árvore é composta de
 - Um nó raiz; e
 - Zero ou mais subárvores.
- Nó folha definido como nó com zero subárvores
 - Diferente da definição de folha na árvore binária (folha era nó com subárvores vazias)
- Funções não consideram o caso de árvore vazias (pré-condição)
- Condições de contorno (parada da recursão) devem considerar essa restrição



Exemplo de TADArvVar ("TadArvVar.h")



- Conjunto de operações do TAD (usadas como exemplo)
 - Typedef struct arvvar ArvVar;
 - Cria um nó folha, dada a informação a ser armazenada
 - ArvVar* arv_v_cria (char c);
 - Insere uma nova subárvore como filha de um dado nó
 - void arv_v_insere (ArvVar* a, ArvVar* sa);
 - Percorre todos os nós e imprime suas informações
 - void arv_v_imprime (ArvVar* a);
 - Verifica a ocorrência de uma dada informação na árvore
 - int arv_v_pertence (ArvVar* a, char c);
 - Libera toda a memória alocada pela árvore
 - void arv_v_libera (ArvVar* a);

Exemplo de TADArvVar



- Conjunto de operações do TAD (usadas como exemplo)
 - Cria um nó folha, dada a informação a ser armazenada
 - aloca o nó
 - inicializa os campos, atribuindo NULL aos campos prim e prox

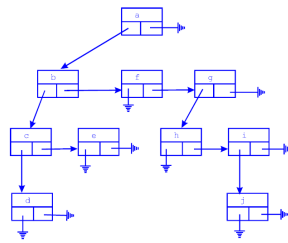
```
ArvVar* arv_v_cria (char c) {  
    ArvVar *a =(ArvVar *) malloc(sizeof(ArvVar));  
    a->info = c;  
    a->prim = NULL;  
    a->prox = NULL;  
    return a;  
}
```


Exemplo de TADArvVar



- Verifica a ocorrência de uma dada informação na árvore

```
int arvv_pertence (ArvVar* a, char c) {
    ArvVar* p;
    if (a->info==c)
        return 1;
    else {
        for (p=a->prim; p!=NULL; p=p->prox) {
            if (arvv_pertence(p, c))
                return 1;
        }
    }
    return 0;
}
```

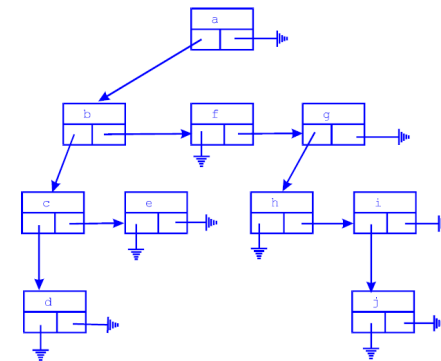


Exemplo de TADArvVar



- Libera toda a memória alocada pela árvore
 - libera a memória alocada pela árvore
 - libera as sub-árvores antes de liberar o espaço associado a um nó (libera em pós-ordem)

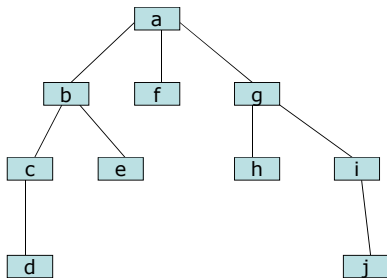
```
void arvv_libera (ArvVar* a) {
    ArvVar* p = a->prim;
    while (p!=NULL) {
        ArvVar* t = p->prox;
        arvv_libera(p);
        p = t;
    }
    free(a);
}
```



Altura



- nível e altura
 - (definidos de forma semelhante a árvores binárias)
- exemplo:
 - $h = 3$

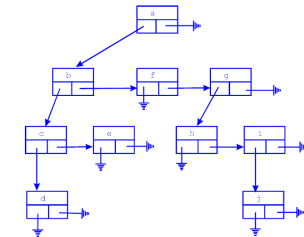


Altura



- Função `arvv_altura`
 - maior altura entre as sub-árvores, acrescido de uma unidade
 - caso o nó raiz não tenha filhos, a altura da árvore deve ser 0

```
int arvv_altura (ArvVar* a) {  
    int hmax = -1; /* -1 para arv. sem filhos */  
    ArvVar* p;  
    for (p=a->prim; p!=NULL; p=p->prox) {  
        int h = arvv_altura(p);  
        if (h > hmax)  
            hmax = h;  
    }  
    return hmax + 1;  
}
```



Exercício



- Implemente uma função que retorne a quantidade de folhas de uma árvore com número variável de filhos. Essa função deve obedecer ao protótipo:
 - int folhas (ArvVar* a);
- Implemente uma função que compare se duas árvores são iguais (apenas em estrutura). Essa função deve obedecer ao protótipo:
 - int igual (ArvVar* a, ArvVar* b);

Respostas



```
int folhas (ArvVar* a) {
    ArvVar* p;
    int n = 0;
    if (a->prim == NULL)
        return 1;
    for (p=a->prim; p!=NULL; p=p->prox) {
        n = n + folhas(p);
    }
    return n;
}
```

Respostas (cont.)



```
int igual (ArvVar* a, ArvVar* b) {
    ArvVar* p;
    ArvVar* q;
    if (a == NULL && b == NULL)
        return 1;
    for (p=a->prim, q=b->prim; p!=NULL && q!=NULL;
         p=p->prox, q=q->prox) {
        if (!igual(p,q))
            return 0;
    };
    return 1;
}
```

Exercícios



- Considerando as seguintes declarações de uma árvore genérica:

```
struct arvvar {
    int info;
    struct arvvar* prim;
    struct arvvar* prox;
};
typedef struct arvvar ArvVar;
```

- implemente uma função que, dada uma árvore, retorne a quantidade de nós que guardam valores maiores que um determinado valor x (também passado como parâmetro). Essa função deve obedecer o protótipo:

```
int maiores (ArvVar* a, int x)
```

Exercícios



- Considerando as seguintes declarações de uma árvore genérica

```
struct arvvar {  
    int info;  
    struct arvvar* prim;  
    struct arvvar* prox;  
};  
typedef struct arvvar ArvVar;
```

- implemente uma função que, dada uma árvore, retorne a quantidade de nós que possuem apenas um filho. Essa função deve obedecer o protótipo:

```
int um_filho (ArvVar* a);
```