



## Estruturas de Dados Aulas 3 e 4: Uso da memória e Vetores

18/03/2009 e 23/03/2009

### Uso da memória

- Existem 3 maneiras de reservar o espaço da memória:
  - Variáveis globais (estáticas)
    - Espaço existe enquanto programa estiver executando
  - Variáveis locais
    - Espaço existe enquanto a função que declarou estiver executando
  - Espaços dinâmicos (alocação dinâmica)
    - Espaço existe até ser explicitamente liberado

### Alocação estática da memória

- Estratégia de alocação de memória na qual toda a memória que um tipo de dados pode vir a necessitar (como especificado pelo usuário) é alocada toda de uma vez sem considerar a quantidade que seria realmente necessária na execução do programa
- O máximo de alocação possível é ditado pelo hardware (tamanho da memória "endereçável")

### Alocação estática da memória (2)

- `int v[1000]`
  - Espaço contíguo na memória para 1000 valores inteiros
  - Se cada int ocupa 4 bytes, 4000 bytes, ~4KB
- `char v[50]`
  - Espaço contíguo na memória para 50 valores do tipo char
  - Se cada char ocupa 1 byte, 50 bytes

## Alocação estática X Alocação dinâmica



- Exemplo: Alocar nome e sobrenome dos alunos do curso
  - 3000 espaços de memória
  - Vetor de string (alocação estática)
  - 100 caracteres (Tamanho máximo do nome inteiro)
  - Podemos então definir 30 pessoas
  - Não é o ideal pois a maioria dos nomes não usam os 100 caracteres
  - Na alocação dinâmica não é necessário definir de ante-mão o tamanho máximo para os nomes.

## Alocação dinâmica da memória

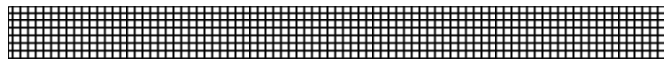


- Oposto a alocação estática
- Técnica que aloca a memória sob demanda
- Os endereços podem ser alocados, liberados e realocados para diferentes propósitos, durante a execução do programa
- Em C usamos `malloc(n)` para alocar um bloco de memória de tamanho `n` bytes.
- Responsabilidade do programador de liberar a memória após seu uso

## Alocação dinâmica da memória (2)



- Espaço endereçável (3000) ainda livre:



- Alocar espaço para o nome PEDRO
- 5 bytes para o nome e um byte para o caracter NULL (\0). Total 6 bytes
  - `Malloc (6)`



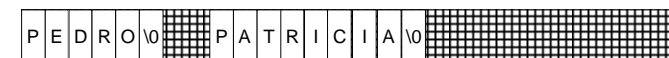
## Alocação dinâmica da memória (3)



- Escrevemos PEDRO no espaço



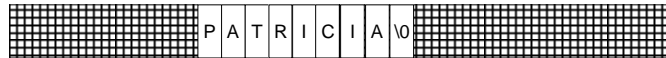
- Alocamos e escrevemos PATRICIA



#### Alocação dinâmica da memória (4)



- Endereços não necessariamente contíguos
- Alocador de memória do SO aloca blocos de memória que estão livres
- Alocador de memória gerencia espaços ocupados e livres
- Memória alocada contém lixo. Temos que inicializar
- Em C, liberamos a memória usando `free(p)`



#### Alocação dinâmica (problemas)



- Liberar memória é responsabilidade do usuário
  - “memory violation”
  - acesso errado à memória, usada para outro propósito
- Fragmentação
  - Blocos livres de memória não contíguos

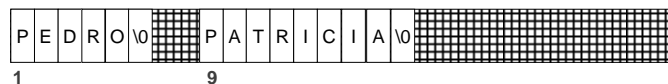


- Estruturas encadeadas fazem melhor uso da memória fragmentada

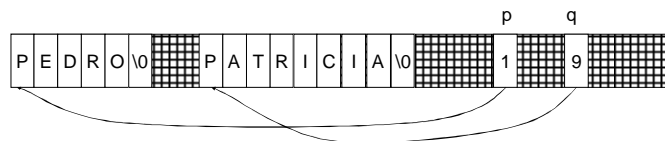
#### Endereçamento em alocação dinâmica



- Precisamos saber os endereços dos espaços de memória usados



- Ponteiros são variáveis que armazenam o endereço na própria memória
  - `char *p; char *q;`



#### Alocação dinâmica em C



- Funções disponíveis na `stdlib`
  - `malloc`
    - `void *malloc (unsigned int num);`
  - `calloc`
    - `void *calloc (unsigned int num, unsigned int size);`
  - `Realloc`
    - `void *realloc (void *ptr, unsigned int num);`
  - `free`
    - `void free (void *p);`

## malloc



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main (void)
{
    int *p;
    int a;
    ... /* Determina o valor de a em algum lugar */
    p=(int *)malloc(a*sizeof(int));
    if (!p)
        {
            printf ("** Erro: Memoria Insuficiente **");
            exit;
        }
    ...
    return 0;
}
```

Alocada memória suficiente para se colocar a números inteiros

## calloc



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main (void)
{
    int *p;
    int a;
    ...
    p=(int *)calloc(a, sizeof(int));
    if (!p)
        {
            printf ("** Erro: Memoria Insuficiente **");
            exit;
        }
    ...
    return 0;
}
```

Alocada memória suficiente para se colocar a números inteiros

## free



```
#include <stdio.h>
#include <alloc.h>
main (void)
{
    int *p;
    int a;
    ...
    p=(int *)malloc(a*sizeof(int));
    if (!p)
        {
            printf ("** Erro: Memoria Insuficiente **");
            exit;
        }
    ...
    free(p);
    ...
    return 0;
}
```

## Alocação Dinâmica



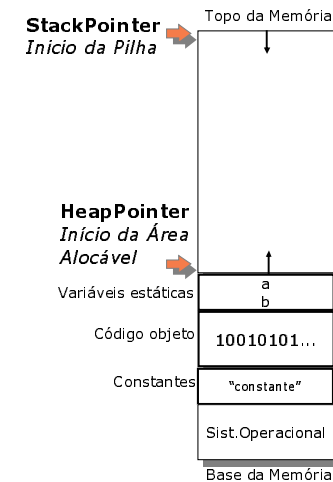
- **Motivação**
  - Alocação fixa de memória (em tempo de desenvolvimento do programa) pode ser ineficiente
  - Por exemplo, alocar tamanhos fixos para nomes de pessoas pode inutilizar memória visto que existem tamanhos variados de nomes
  - Com alocação fixa em memória podemos ter espaços alocados na memória que não são utilizados
- **Solução: Alocação Dinâmica**
  - é um meio pelo qual o programa pode obter memória enquanto está em execução.
  - Obs.: tempo de desenvolvimento versus tempo de execução

## Alocação da Memória



- Constantes: codificadas dentro do código objeto em tempo de compilação
- Variáveis globais (estáticas): alocadas no início da execução do programa
- Variáveis locais (funções ou métodos): alocadas através da requisição do espaço da pilha (stack)
- Variáveis dinâmicas: alocadas através de requisição do espaço do *heap*.
  - O heap é a região da memória entre o programa (permanente) e a stack
  - Tamanho do heap é a princípio desconhecido do programa

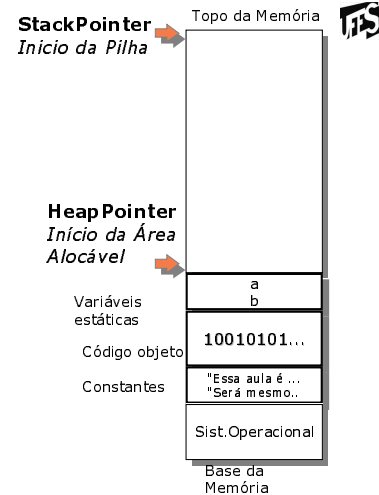
## Memória



- Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

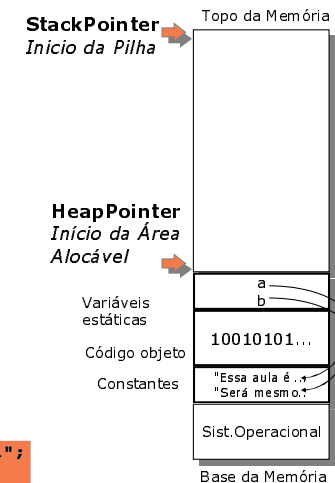
int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```



- Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```



• Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

StackPointer  
Topo da Pilha

Topo da Memória

HeapPointer  
Topo da Área Alocável

Variáveis estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

StackPointer  
Topo da Pilha

Topo da Memória

HeapPointer  
Topo da Área Alocável

Variáveis estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

StackPointer  
Topo da Pilha

Topo da Memória

HeapPointer  
Topo da Área Alocável

Variáveis estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

StackPointer  
Topo da Pilha

Topo da Memória

HeapPointer  
Topo da Área Alocável

Variáveis estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

Topo da Memória

StackPointer  
Topo da Pilha

HeapPointer  
Topo da Área  
Alocável

Variáveis  
estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da  
Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

Topo da Memória

StackPointer  
Topo da Pilha

HeapPointer  
Topo da Área  
Alocável

Variáveis  
estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da  
Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

Topo da Memória

StackPointer  
Topo da Pilha

HeapPointer  
Topo da Área  
Alocável

Variáveis  
estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da  
Memória

■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```

Topo da Memória

StackPointer  
Topo da Pilha

HeapPointer  
Topo da Área  
Alocável

Variáveis  
estáticas

Código objeto

Constantes

Sist. Operacional

Base da  
Memória

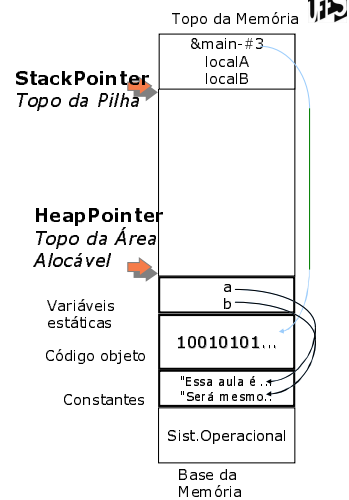
■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}

void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}

main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```



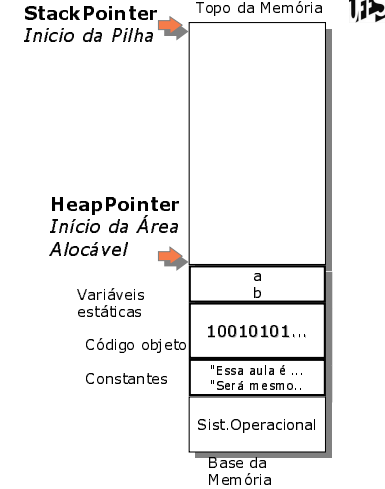
■ Programa:

```
#include <stdio.h>
char *a, *b;

int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}

void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}

main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```



Alocação Dinâmica

- void \*malloc (tamanho numero\_bytes)
  - Retorna um ponteiro genérico para a área alocada
  - Retorna NULL se não for possível alocar
  - Usar type casting para especificar um tipo
  - V = (int \*) malloc (sizeof (int));

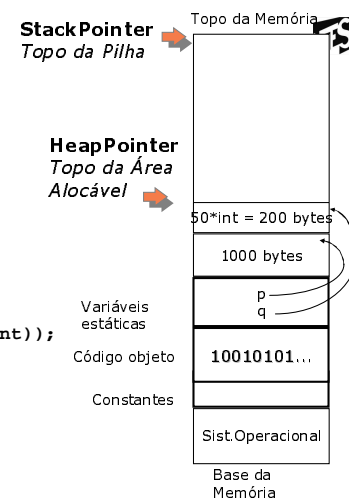
Exemplo:

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

char *p;
int *q;

main ()
{
    p = (char *) malloc(1000);
        // Aloca 1000
        // bytes de RAM

    q = (int *) malloc(50*sizeof(int));
        // Aloca espaço
        // para 50 inteiros.
}
```





## Alocação Dinâmica (2)



- void free (void \*p)
  - Devolve a memória previamente alocada para p
  - O ponteiro p deve ter sido alocado dinamicamente

## Ponteiros



- Permite o armazenamento e manipulação de endereços de memória
- *Forma geral de declaração*
  - *tipo \*nome ou tipo\* nome*
  - Símbolo \* indica ao compilador que a variável guardará o endereço da memória
  - Neste endereço da memória haverá um valor do tipo especificado (tipo\_do\_ponteiro)
  - `char *p;` (p pode armazenar endereço de memória em que existe um carácter armazenado)
  - `int *v;` (v pode armazenar endereço de memória em que existe um inteiro armazenado)
  - `void *q;` (ponteiro genérico)

## Recap: Ponteiros (2)



### • Exemplo

```
/*variável inteiro*/
int a;

/*variavel ponteiro para inteiro */
int* p;

/* a recebe o valor 5*/
a = 5;

/* p recebe o endereço de a */
p = &a;

/*conteúdo de p recebe o valor 6 */
*p = 6;
```

## Recap: Ponteiros (3)



### • Exemplo

```
int main (void)
{
    int a;
    int *p;
    p = &a;
    *p = 2;
    printf (" %d ", a)
    return 0;
}
```

## Recap: Ponteiros (4)



- Exemplo

```
int main (void)
{
    int a, b, *p;
    a = 2;
    *p = 3;
    b = a + (*p);
    printf (" %d \", b);
    return 0;
}
```

## Declarações que também são ponteiros



```
char nome[30];
```

- Nome (sozinho) é um ponteiro para caracter que aponta para o primeiro elemento do nome;

```
int v[20], *p;

p = &v[5];
*p = 0;          /* equivante a fazer v[5] = 0
```

```
char nome[30];
char *apontaPraNome;
...
apontaPraNome = nome; /* só o endereço */
```

## Operadores de ponteiros



- \* indireção
  - Devolve o valor apontado pelo ponteiro
- & operador de endereço
  - Devolve o endereço na memória de seu operador
- main ()

```
{
    int *aponta;
    int valor1, valor2;
    valor1 = 5;
    aponta = &valor1;
    valor2 = *aponta;
}
```
- Precedência: operadores & e \* têm precedência maior que outros operadores (com exceção do menos unário)
  - int valor; int \*aponta; valor = \*aponta++;

## Aritmética de ponteiros (1)



- Atribuição

- Atribuição direta entre ponteiros passa o endereço de memória apontado por um para o outro.

```
int *p1, *p2, x;
x = 4;
p1 = &x;
p2 = p1;
```

## Aritmética de ponteiros (2)



- Adição e subtração

```
int *p1, *p2, *p3, *p4, x=0;
p1 = &x;
p2 = ++p1;
p3 = p2 + 4;
p4 = p3 - 5;
```

- Neste exemplo, p1, p2 e p3 apontam para endereços de memória que não estão associados com nenhuma variável. Neste caso, expressões do tipo \*p1 \*p2 e \*p3 resultam em ERRO. O único endereço de memória acessável é o de x.

## Aritmética de ponteiros (3)



- Importante!
  - As operações de soma e subtração são baseadas no tamanho do tipo base do ponteiro
  - Ex.: se p1 aponta para 2000, p1 + 2 vai apontar para:
    - 2002, se o tipo base do ponteiro for char (1 byte)
    - 2008, se o tipo base do ponteiro for int (4 bytes)
  - Ou seja, este exemplo de soma significa que o valor de p1 é adicionado de duas vezes o tamanho do tipo base.

## Aritmética de ponteiros (4)



- No exemplo anterior, se x = 1000:
  - p1 recebe o valor 1000 (endereço de memória de x)
  - p2 recebe o valor 1004 e p1 tem seu valor atualizado para 1004.
  - p3 recebe o valor  $1004 + 4 * 4 = 1020$ .
  - p4 recebe o valor  $1020 - 5 * 4 = 1000$ .
- Se o tipo base dos ponteiros acima fosse char\* (1 byte), os endereços seriam, respectivamente: 1001, 1001, 1005 e 1000.

```
x=0;
p1 = &x;
p2 = ++p1;
p3 = p2 + 4;
p4 = p3 - 5;
```

## Aritmética de ponteiros (5)



- Explique a diferença entre: (int \*p) p++; (\*p)++; \*(p++);
- Comparação entre ponteiros (verifica se um ponteiro aponta para um endereço de memória maior que outro)

```
int *p; *q;
...
if (p < q)
    printf ("p aponta para um endereço menor
            que o de q");
```

## Ponteiros, Vetores e Matrizes



- Ponteiros, vetores e matrizes são muito relacionados em C
- Já vimos que vetores também são ponteiros.
  - `char nome[30]`
  - `nome` sozinho é um ponteiro para caracter, que aponta para a primeira posição do nome
- As seguintes notações são equivalentes:
  - `variável[índice]`
  - `*(variável+índice)`
  - `variável[0]` equivale a `*variável !`

## Exemplo



```
char        nome[30] = "José da Silva";
char        *p1, *p2;
char        car;
int         i;

p1 = nome;           // nome sozinho é um ponteiro
                  // para o 1º elemento de nome[]
car = nome[3];      // Atribui 'é' a car.
car = p1[0];        // Atribui 'J' a car.
p2 = &nome[5];      // Atribui a p2 o endereço da 6ª
                  // posição de nome, no caso 'd'.
printf( "%s", p2); // Imprime "da Silva"...
p2 = p1;
p2 = p1 + 5;        // Equivalente a p2 = &nome[5]
printf( "%s", (p1 + 5)); // Imprime "da Silva"...
printf( "%s", (p1 + 20)); // lixo!!
```

## Exemplo (2)



```
for (i=0; strlen(nome)- 1; i++)
{
    printf ("%c", nome[i]); // Imprime 'J','o','s',etc
    p2 = p1 + i;
    printf ("%c", *p2);    // Imprime 'J','o','s',etc
}
```

## Matrizes de ponteiros



- Ponteiros podem ser declarados como vetores ou matrizes multidimensionais. Exemplo:

```
int *vetor[30]; /* Vetor de 30 ponteiros
                /* para números inteiros */
int    a=1, b=2, c=3;

vetor[0] = &a; /* vetor[0] aponta para a*/
vetor[1] = &b;
vetor[2] = &c;
/* Imprime "a: 1, b: 2"... */
printf ( "a: %i, b: %i", *vetor[0],
        *vetor[1] );
```

## Matrizes de ponteiros (2)



- Importante:
  - Quando alocamos um vetor de ponteiros para inteiros, não necessariamente estamos alocando espaço de memória para armazenar os valores inteiros!
- No exemplo anterior, alocamos espaço de memória para a, b e c (3 primeiras posições do vetor apontam para as posições de memória ocupadas por a, b, e c)

## Matrizes de ponteiros



- Matrizes de ponteiros são muito utilizadas para manipulação de string. Por exemplo:

```
char *mensagem[] = { /* vetor inicializado */
                    "arquivo não encontrado",
                    "erro de leitura",
                    "erro de escrita",
                    "impossível criar arquivo"
                    };
void escreveMensagemDeErro (int num)
{
    printf ("%s\n", mensagem[num]);
}
main ()
{
    escreveMensagemDeErro( 3 );
}
```

*%s imprime a string até encontrar o car. "\0"*

## Matrizes de ponteiros (2)



- Manipular inteiros é um pouco diferente:

```
int *vetor[40];
void imprimeTodos ()
{
    int i;
    for (i=0; i < 40; i++)
        printf ("%i\n", *vetor[i]);
}
```

- \*vetor[i] equivale a \*\*(&vetor + i)
- Vetor aponta para um ponteiro que aponta para o valor do inteiro
- Indireção Múltipla ou Ponteiros para Ponteiros

## Ponteiros para Ponteiros ou Indireção Múltipla



- Podemos usar ponteiros para ponteiros implicitamente, como no exemplo anterior
- Também podemos usar uma notação mais explícita, da seguinte forma:
  - tipo **\*\*variável**;
- **\*\*variável** é o conteúdo final da variável apontada;
- **\* variável** é o conteúdo do ponteiro intermediário.

## Ponteiros para Ponteiros (2)



```
#include <stdio.h>
main ()
{
    int x, *p, **q;
    x = 10;
    p = &x;           // p aponta para x
    q = &p;           // q aponta para p
    printf ("%i\n", **q); // imprime 10...
}
```

Explique o comportamento do seguinte programa:



```
#include <stdio.h>
char *a      = "Bananarama";
char b[80]   = "uma coisa boba";
char *c[5];

/* Recebe vetor de ponteiros para caracter de tamanho indefinido */
void testel (char *d[] )
{
    printf( "Testel: d[0]:%s e d[1]:%s\n\n", d[0], d[1]);
}

/* Recebe ponteiro para ponteiro para caracter */
void teste2 (char **d )
{
    printf( "Teste2: d[0]:%s e d[1]:%s\n", d[0], d[1]);
    printf( "Teste3: d[0]:%s e d[1]:%s\n", *d, *(d + 1));
}

main ()
{
    c[0] = a;
    c[1] = b;
    printf( "a: %s e b: %s\n\n", a, b);
    printf( "c[0]: %s e c[1]: %s\n\n", c[0], c[1]);
    testel ( c );
    teste2 ( c );
}
```

