



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

08/03/2009 e 10/03/2009

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

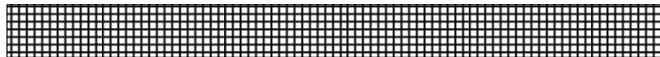


- Oposto a alocação estática
- Técnica que aloca a memória **sob demanda**
- Os endereços podem ser alocados, liberados e realocados para diferentes propósitos, durante a execução do programa
- Em C usamos **malloc(n)** para alocar um bloco de memória de tamanho n bytes.
- Responsabilidade do programador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



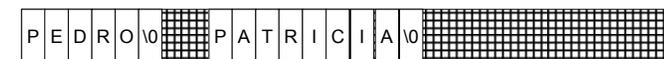
Alocação dinâmica da memória (3)



- Escrevemos PEDRO no espaço



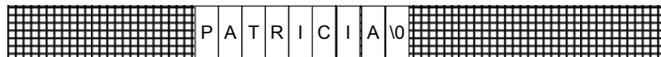
- Alocamos e escrevemos PATRICIA



Alocação dinâmica da memória (4)



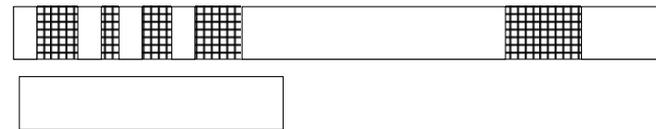
- Endereços não necessariamente contíguos
- Alocador de memória do SO aloca blocos de memória que estão livres
- Alocador de memória gerencia espaços ocupados e livres
- Memória alocada contém lixo. Temos que inicializar
- Em C, liberamos a memória usando `free(p)`



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

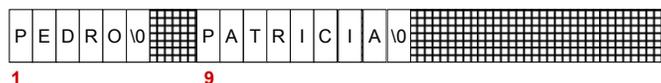


- **Estruturas encadeadas** fazem melhor uso da memória fragmentada

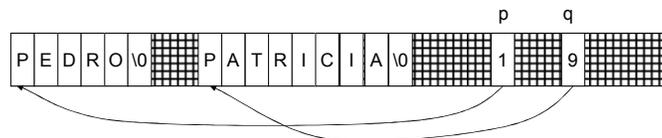
Endereçamento em alocação dinâmica



- 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



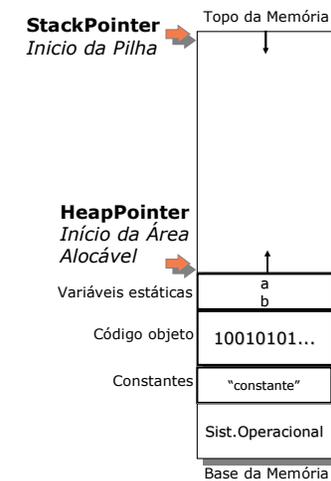
- **Motivação**
 - Alocação fixa de memória (em tempo de desenvolvimento do programa) pode ser **ineficiente**
 - Por exemplo, alocar tamanhos fixos para nomes de pessoas pode inutilizar memória visto que existem tamanhos variados de nomes
 - Com alocação fixa em memória podemos ter espaços alocados 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

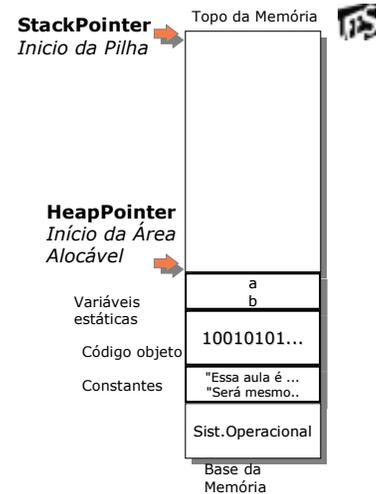
Memória



- Programa:

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

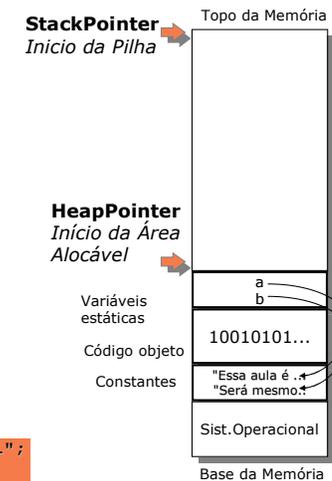
int func_A ()
{
    int local1, local2;
    - - -
}
void func_B ()
{
    int localA, localB;
    localA = func_A();
    localB = func_A();
}
main ()
{
    a = "Essa aula é legal";
    b = "Será mesmo?";
    func_B();
}
```



- 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

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

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

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

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

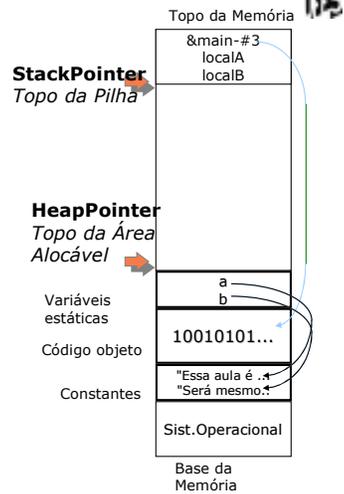
■ Programa:

```
#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();
}
```



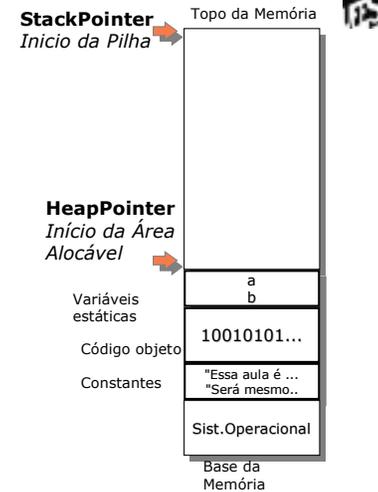
■ Programa:

```
#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));

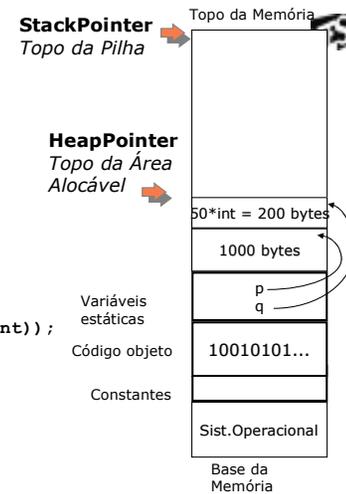
Exemplo:

```
#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;
car = nome[3];
car = p1[0];
p2 = &nome[5];
printf( "%s", p2);
p2 = p1;
p2 = p1 + 5;
printf( "%s", (p1 + 5));
printf( "%s", (p1 + 20));
```

Exemplo (2)



```
for (i=0; strlen(nome)- 1; i++)
{
    printf ("%c", nome[i]);
    p2 = p1 + i;
    printf ("%c", *p2);
}
```

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",
                    "impossivel criar arquivo"
                    };
void escreveMensagemDeErro (int num) {
    printf ("%s\n", mensagem[num]);
}
main ()
{
    escreveMensagemDeErro ( 3 );
}
```

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