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

19/03/2009 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)
    - Espação 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

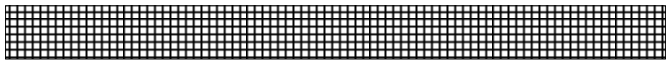
- Exemplo: Alocar nome e sobrenome dos alunos do curso
  - 3000 espaços de memória
  - Vetor de string (alocação estática)
  - 100 caracteres (Tamanho máximo do nome inteiro)
  - Podemos então definir 30 pessoas
  - Não é o ideal pois a maioria dos nomes não usam os 100 caracteres
  - Na alocação dinâmica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

Alocação dinâmica da memória

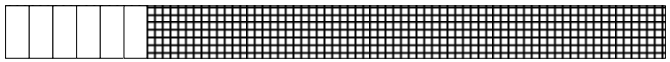
- Oposto a alocação estática
- Técnica que aloca a memória sob demanda
- Os endereços podem ser alocados, liberados e realocados para diferentes propósitos, durante a execução do programa
- Em C usamos **`malloc(n)`** para alocar um bloco de memória de tamanho n bytes.
- Responsabilidade do programador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

Alocação dinâmica da memória (2)

- Espaço endereçável (3000) ainda livre:

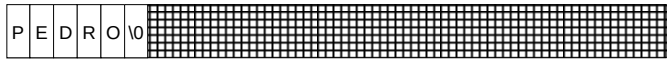


  - Alocar espaço para o nome PEDRO
  - 5 bytes para o nome e um byte para o caracter NULL (\0). Total 6 bytes
    - **`Malloc (6)`**

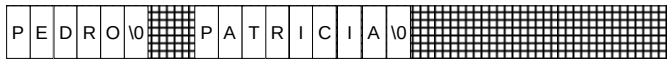


Alocação dinâmica da memória (3)

  - Escrevemos PEDRO no espaço

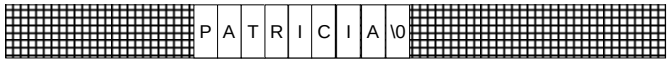


  - Alocamos e escrevemos PATRICIA



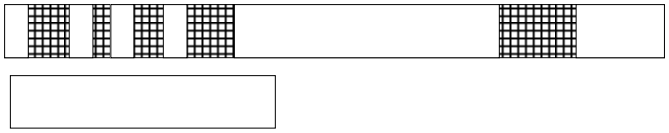
Alocação dinâmica da memória (4)

- 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 dinâminca (problemas)

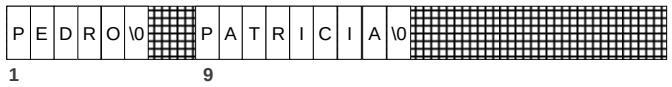
- Liberar memória é responsabilidade do usuário
  - "memory violation"
  - acesso errado à memória, usada para outro propósito
- Fragmentação
  - Blocos livres de memória não contíguos



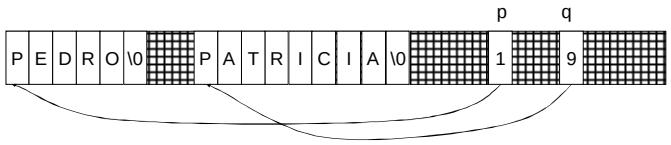
- Estruturas encadeadas fazem melhor uso da memória fragmentada

Endereçamento em alocação dinâminca

- Precisamos saber os endereços dos espaços de memória usados



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



Alocação dinâminca em C

- Funções disponíveis na stdlib
  - malloc
    - void *malloc (unsigned int num);
  - calloc
    - void *calloc (unsigned int num, unsigned int size);
  - Realoc
    - 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;
}
```

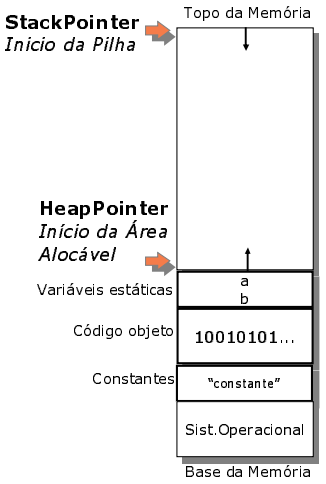
Alocação Dinâmica

- 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

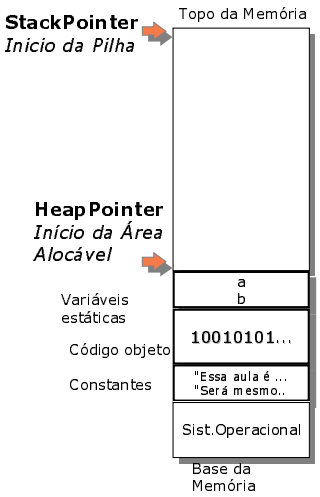
- Constantes: codificadas dentro do códico objeto em tempo de compilação
- Variáveis globais (estáticas): alocadas no início da execução do programa
- Variáveis locais (funções ou métodos): alocadas através da requisição do espaço da pilha (stack)
- Variáveis dinâmicas: alocadas através de requisição 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



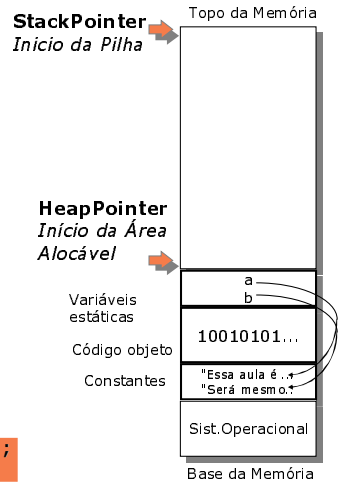
- Programa:

```
#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();
}
```



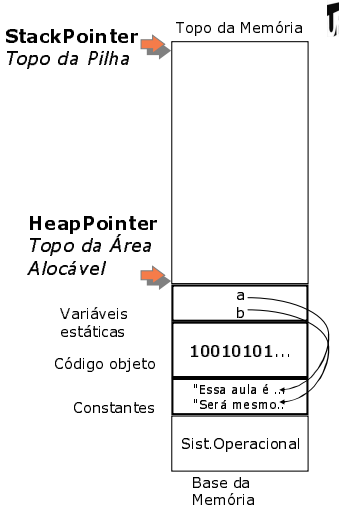
- Programa:

```
#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();
}
```



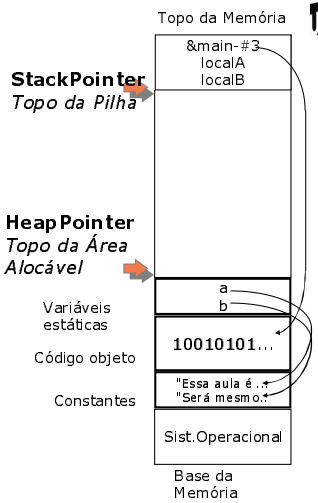
- Programa:

```
#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();
}
```



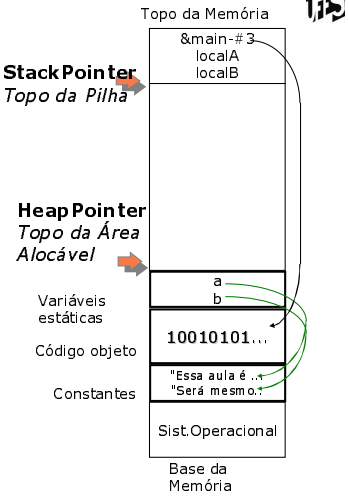
- Programa:

```
#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();
}
```



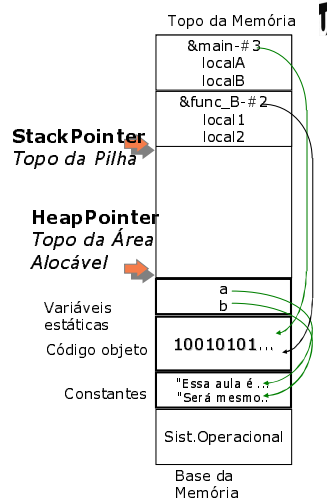
- Programa:

```
#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();
}
```



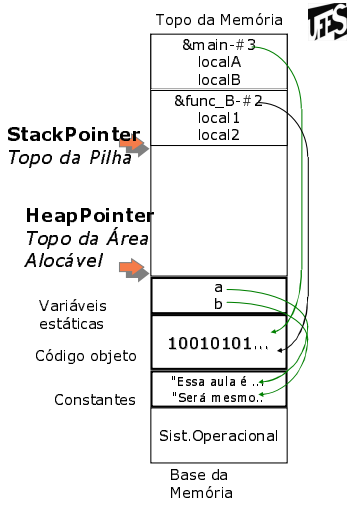
- Programa:

```
#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();
}
```



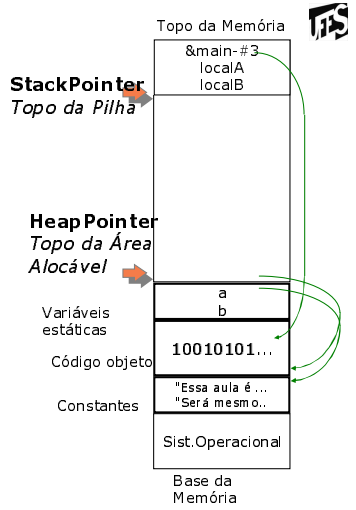
■ Programa:

```
#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();
}
```



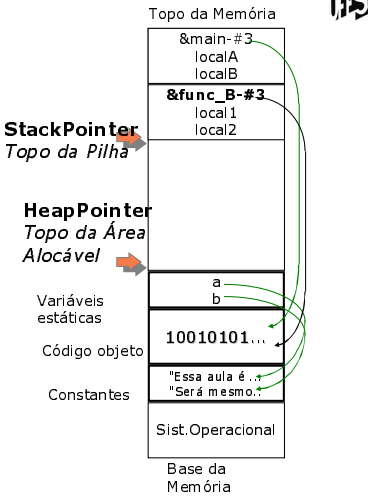
■ Programa:

```
#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();
}
```



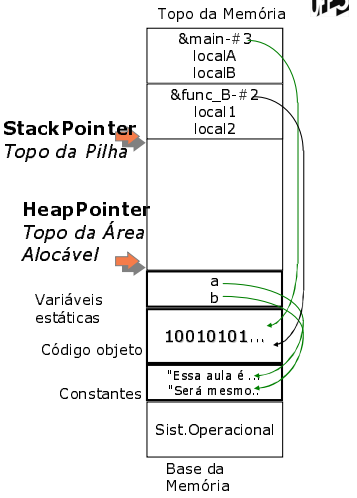
■ Programa:

```
#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();
}
```



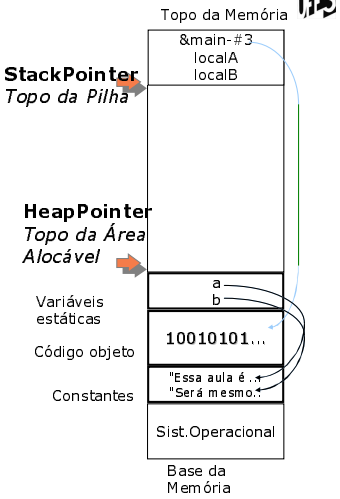
■ Programa:

```
#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();
}
```



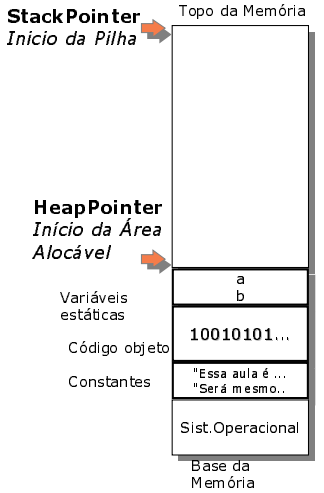
- Programa:

```
#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();
}
```

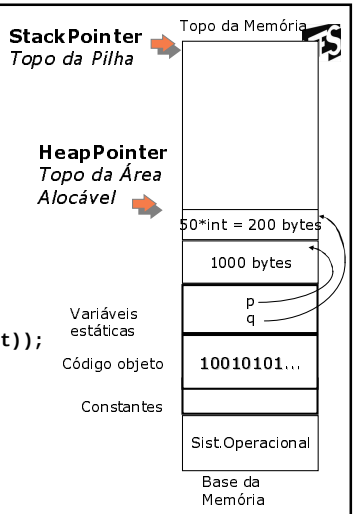


Alocação Dinâmica

- 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 dinâmicamente

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 caracter 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)

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

- No exemplo anterior, s... 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.

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 *variavel !

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 teste1 (char *d[] )
  {
        printf( "Teste1: 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]);
        teste1 ( c );
        teste2 ( c );
}
```