

Algoritmos e estruturas de Dados A06

Alocação Dinâmica de Memória

Prof. Maiquel de Brito

Gestão de memória

Em C a memória pode ser gerida de forma:

- Estática – variáveis são alocadas na memória principal somente uma vez. **Persistem** para todo o ciclo de vida do programa

```
static int i = 0;
```

- Automática – variáveis são criadas e eliminadas quando as funções são chamadas; são variáveis válidas num contexto (ou escopo) também designadas de **variáveis locais**

```
int i = 0;
```

- Dinâmica – variáveis são geridas explicitamente (através de alocação dinâmica)

Exemplo

Variáveis

Automáticas

```
#include <stdio.h>

int inc() {
    int cont=0;
    cont++;
    return cont;
}

int main(void) {
    int i;
    inc();
    inc();
    i = inc();
    printf("%d\n", i);
}
```

Exemplo

Variáveis

Automáticas

```
#include <stdio.h>

int inc() {
    int cont=0;
    cont++;
    return cont;
}

int main(void) {
    int i;
    inc();
    inc();
    i = inc();
    printf("%d\n", i);
}
```

O valor impresso de `i` é 1.

A variável `cont` tem seu valor ajustado para zero a cada chamada da função `inc`

Exemplo Variável Estática (cont)

```
#include <stdio.h>

int inc() {
    static int cont=0;
    cont++;
    return cont;
}

int main(void) {
    int i;
    inc();
    inc();
    i = inc();
    printf("%d\n", i);
}
```

Exemplo Variável Estática (cont)

```
#include <stdio.h>

int inc() {
    static int cont=0;
    cont++;
    return cont;
}

int main(void) {
    int i;
    inc();
    inc();
    i = inc();
    printf("%d\n", i);
}
```

O valor impresso de `i` é 3.

A variável `cont` tem seu valor ajustado para zero na primeira chamada à função `inc`, mantendo seu valor nas execuções seguintes.

Variáveis Locais

- Dimensão fixa
- Ocupam uma área de memória invariável

Então, como criar e destruir variáveis, aumentar e diminuir a sua dimensão, durante a execução do programa?

As linguagens de programação permitem definir **variáveis dinâmicas** à custa de rotinas que reservam espaço para variáveis durante a execução de um programa e o liberam quando as variáveis já não são necessárias.

Variáveis dinâmicas

Gestão de memória dinâmica em C é feita através de um conjunto de funções na biblioteca *standard* `stdlib.h`

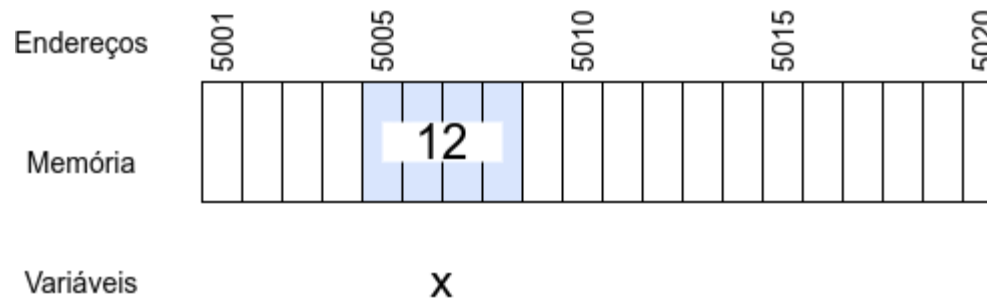
- `malloc/calloc`
- `free`
- `realloc`

Atribuição do espaço de memória durante a alocação de variáveis é feita por um algoritmo específico

Diferentes tipos de dados – diferentes tamanhos

int – 4 bytes

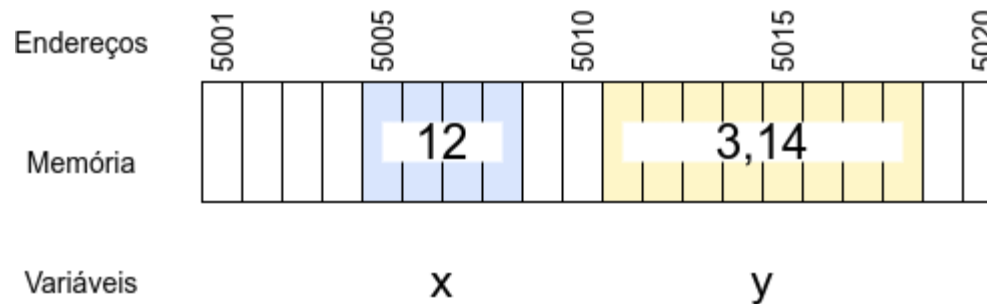
```
...  
int x = 12;  
...
```



Diferentes tipos de dados – diferentes tamanhos

int – 4 bytes
double – 8 bytes

```
...  
int    x = 12;  
double y = 3.14;  
...
```



Função Malloc

- Aloca um bloco de bytes consecutivos na memória do computador
- O conteúdo da memória NÃO é inicializado
- Argumento: n° de bytes
- Retorno: endereço desse bloco de memória alocado

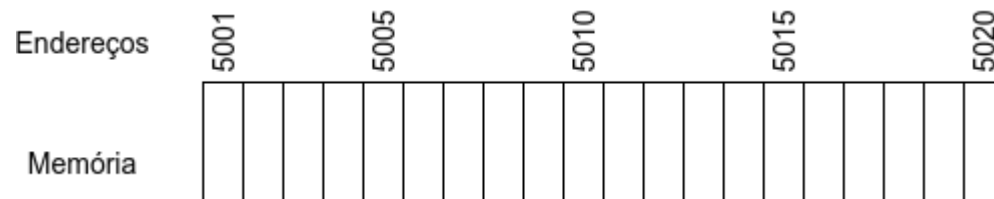
```
void *malloc(int size)
```

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5     int *p;
6     p = malloc(sizeof(int));
7     *p = 10;
8     printf("%d\n", *p);
9 }
```

Na linha 5, a variável *p* não “sabe” que vai apontar para um *int*. Só sabe-se que vai apontar para um espaço de memória com o tamanho de um *int*.

Função Malloc – exemplo (slide 1/5)

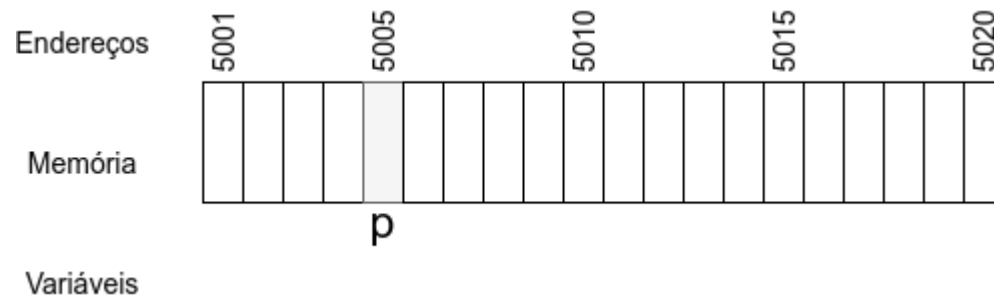
```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5
6
7
8
9 }
```



Função Malloc – exemplo (slide 2/5)

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5     int *p;
6
7
8
9 }
```

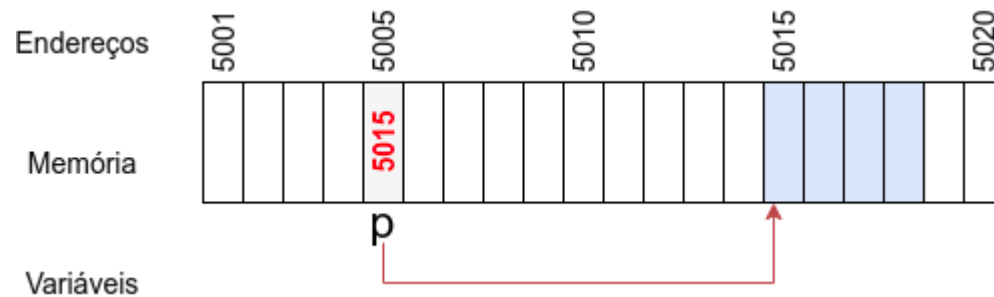
cria um ponteiro p sem atribuir-lhe valor algum



Função Malloc – exemplo (slide 3/5)

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5     int *p;
6     p = malloc(sizeof(int));
7
8
9 }
```

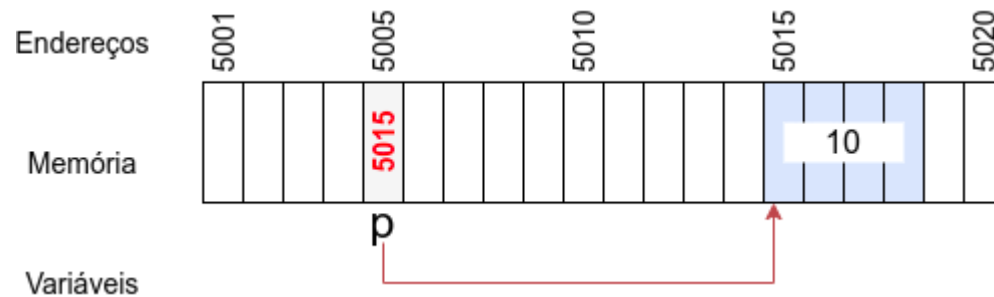
aloca um bloco de 4 bytes (4 = sizeof(int))
atribui primeiro endereço do bloco a p



Função Malloc – exemplo (slide 4/5)

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5     int *p;
6     p = malloc(sizeof(int));
7     *p = 10;
8
9 }
```

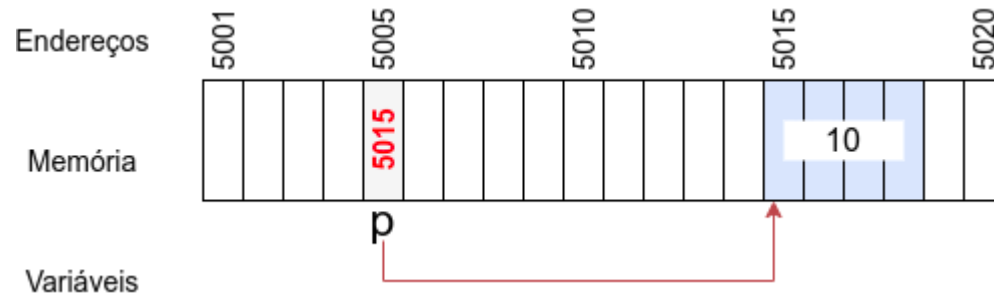
atribui 10 à área de memória para onde p aponta



Função Malloc – exemplo (slide 5/5)

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5     int *p;
6     p = malloc(sizeof(int));
7     *p = 10;
8     printf("%d\n", *p);
9 }
```

o ponteiro p é manipulado normalmente (nesse caso, imprime-se o conteúdo do endereço para onde ele aponta).



Função Malloc

Na linha 5, a variável *p* não “sabe” que vai apontar para um *int*. Só sabe-se que vai apontar para um espaço de memória com o tamanho de um *int*.

Exercício: Executar o código ao lado e analisar o que acontece.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main(){
5     int *p;
6     //p = malloc(sizeof(int));
7     *p = 10;
8     printf("%d\n", *p);
9 }
```

Na linha 6, *p* passa a apontar para um determinado endereço, que é retornado pela função *malloc*. A função *malloc* executa duas tarefas: (i) faz a alocação de memória com o tamanho indicado e (ii) retorna um ponteiro para o espaço de memória alocado.

Exercício: Executar o código ao lado e comparar com o que aconteceu no exercício anterior.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main(){
5     int *p;
6     p = malloc(sizeof(int));
7     *p = 10;
8     printf("%d\n", *p);
9 }
```

Função Malloc

Exercício:

Executar o programa abaixo e analisar o que é impresso.

OBS: `printf("%p", x)` imprime o endereço do ponteiro x.

```
1 | #include <stdio.h>
2 | #include <stdlib.h>
3 |
4 | int main(){
5 |     int *p;
6 |     p = malloc(sizeof(int));
7 |     printf("%p - %d\n", p, *p);
8 |     *p = 10;
9 |     printf("%p - %d\n", p, *p);
10 | }
```

Vetores, ponteiros e Alocação Dinâmica

- Na linguagem C, o nome de um vetor corresponde ao endereço do seu primeiro elemento, isto é, se `v` é um vetor `v == &v[0]`
- Existem 2 formas de colocar um ponteiro apontando para o primeiro elemento de um vetor:

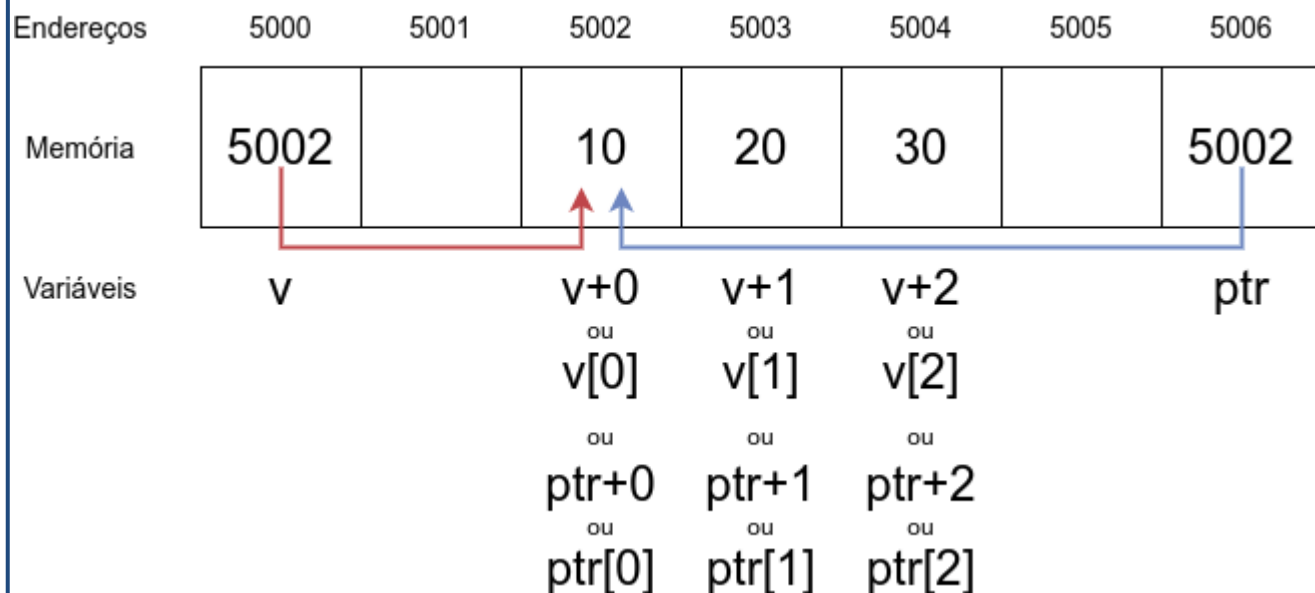
```
int v[3] = {10, 20, 30};  
int *ptr;
```

```
ptr = &v[0]; // primeira forma  
ptr = v;    // segunda forma
```

Vetores, ponteiros e Alocação Dinâmica

```
int v[3] = {10, 20, 30};
int *ptr;
```

```
ptr = &v[0]; // primeira forma
ptr = v;     // segunda forma
```



Exemplo

Uso de um vetor:

- Alocação automática
- Forma tradicional de acesso aos elementos

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

int main(){
    int i, p[3];
    for(i=0;i<3;i++){
        p[i] = i;
    }
    for(i=0;i<3;i++){
        printf("%d ", p[i]);
    }
}
```

Uso de um vetor:

- Alocação dinâmica
- Forma tradicional de acesso aos elementos

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

int main(){
    int i, *p;
    p = malloc(sizeof(int)*3);
    for(i=0;i<3;i++){
        p[i] = i;
    }
    for(i=0;i<3;i++){
        printf("%d ", p[i]);
    }
}
```

Exemplo

Uso de um vetor:

- Alocação automática
- Forma tradicional de acesso aos elementos

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

int main(){
    int i, p[3];
    for(i=0;i<3;i++){
        p[i] = i;
    }
    for(i=0;i<3;i++){
        printf("%d ", p[i]);
    }
}
```

Uso de um vetor:

- Alocação dinâmica
- Forma tradicional de acesso aos elementos

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

int main(){
    int i, *p;
    p = malloc(sizeof(int)*3);
    for(i=0;i<3;i++){
        p[i] = i;
    }
    for(i=0;i<3;i++){
        printf("%d ", p[i]);
    }
}
```

Exemplo

Uso de um vetor:

- Alocação automática
- Acesso aos elementos usando aritmética de ponteiros

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

int main() {
    int i, p[3];
    for(i=0; i<3; i++) {
        *(p+i) = i;
    }
    for(i=0; i<3; i++) {
        printf("%d ", *(p+i));
    }
}
```

Uso de um vetor:

- Alocação dinâmica
- Acesso aos elementos usando aritmética de ponteiros

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

int main() {
    int i, *p;
    p = malloc(sizeof(int)*3);
    for(i=0; i<3; i++) {
        *(p+i) = i;
    }
    for(i=0; i<3; i++) {
        printf("%d ", *(p+i));
    }
}
```


Função Malloc

Conversão de tipo
(*cast*)

- `p = malloc(sizeof(int)) ;`
- malloc aloca espaço para guardar valores de qualquer tipo (retorna um ponteiro genérico)
- O ponteiro genérico pode ser convertido automaticamente para o tipo apropriado
- Pode-se também fazer a *conversão explícita de tipo*:
 - `p = (int*)malloc(sizeof(int)) ;`
 -
- C++ exige conversão explícita

Função Calloc

- Aloca um bloco de bytes consecutivos na memória do computador
- Inicializa cada elemento com o valor '0'
- Argumentos: n° de elem., tamanho de cada elem.
- Retorno: endereço desse bloco de memória alocado

```
void *calloc(int nelements, int size)
```

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

int main() {
    int i, *p;
    p = calloc(3, sizeof(int));
    p[1] = 5;
    for(i=0; i<3; i++) {
        printf("%d ", p[i]);
    }
}
```

A memória é finita

- Se a memória do computador já estiver toda ocupada, malloc e calloc não conseguem alocar mais espaço e devolvem NULL
- Convém verificar essa possibilidade antes de prosseguir

```
/* aloca espaço para array de 10 elementos int */  
int *ip = malloc(100 * sizeof(int));  
  
if(ip == NULL) {  
    printf("Sem memoria\n");  
    exit(EXIT_FAILURE);  
}
```

```
/* aloca espaço para array de 10 elementos float*/  
float *ptr = calloc(10, sizeof (float));  
  
if (ptr == NULL) {  
    printf("Sem memoria\n");  
    exit(EXIT_FAILURE);  
}  
/* alocação bem sucedida */
```

Outros exemplos

```
...  
char *p = (char *) malloc(15);  
strcpy(p, "Hello, world!");  
...
```

```
char *somestring, *copy;  
...  
copy = malloc(strlen(somestring) + 1); /* +1 for '\0' */  
strcpy(copy, somestring);  
...
```

```
...  
//calloc(m, n) é o mesmo que  
p = malloc(m * n);  
for(i=0; i<m; i++) {  
    *(p+i)=0;  
}  
...
```

Outros Exemplos

```
/* Cria um vetor com n inteiros */
/* preenchido com os valores de 0 a n-1 */
int *criavetor(int n){
    int *pi, i;
    /* aloca espaço para n inteiros */
    pi = (int *) malloc(n*sizeof(int));
    for(i = 0; i < n; i++){
        pi[i] = i; /* preenche pi */
    }
    return pi; /* retorna apontador */
}

int main(){
    int *pi , i, n;
    printf("Quantos elementos tem o vector?");
    scanf("%d", &n);
    pi = criavetor(n);
    for(i = 0; i < n; i++){
        printf("%d ", pi[i]); /* ou *(pi+i) */
    }
}
```

Função Free

Diferente de variáveis alocadas automaticamente, as variáveis alocadas dinamicamente não são liberadas quando a função que a criou é encerrada.

Variáveis alocadas dinamicamente são liberadas apenas quando o programa é encerrado
(e não quando a função que as criou é finalizada).

Por isso, é importante liberar explicitamente o espaço de memória para o qual os ponteiros apontam usando *free*:

```
void free(void *p)
```

```
...  
char *p = (char *) malloc(15);  
strcpy(p, "Hello, world!");  
free(p);  
...
```

Dangling pointers

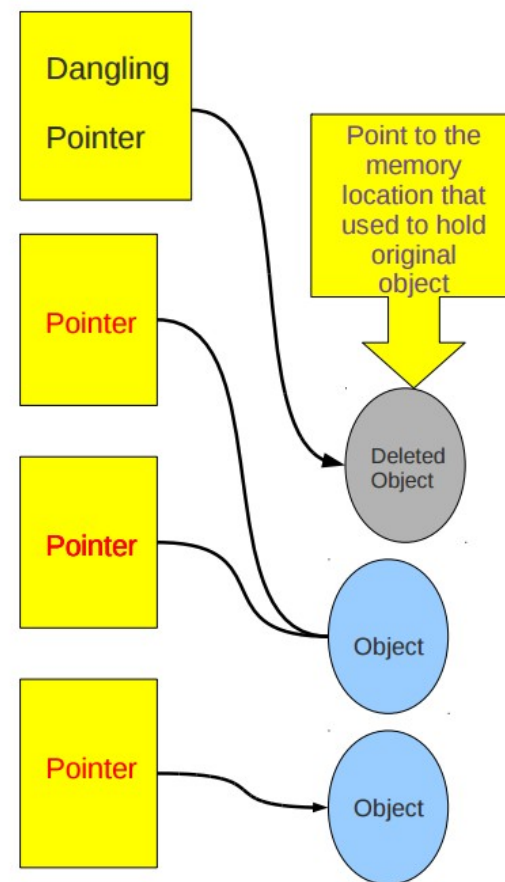
A instrução `free(p)` libera o espaço de memória pra onde p aponta para posterior utilização

No entanto, p continua apontando para o mesmo espaço de memória após `free(p)`

Novos dados escritos naquele espaço poderão ser acessados por p . Diz-se que p torna-se um ponteiro “solto” (ou *dangling pointer*)

Por segurança recomenda-se atribuir o valor NULL ao ponteiro após o comando `free`:

```
free(p) ;  
p = NULL;
```



Vazamento de Memória

- Não é obrigatório liberar a memória quando já não é necessária.
- No fim do programa, a memória pedida ao sistema operativo é automaticamente devolvida.
- Porém pode levar a falhas no sistema se a memória for completamente consumida

Vazamento de Memória

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

int func(void) {
    void *s;
    s = malloc(50);
    return;
}

int main() {

    while (1) {
        func();
    }
    return 0;
}
```

Este laço infinito chama a função `func()`, definida acima. Cedo ou tarde a chamada à função irá falhar, devido a um erro de alocação na função `malloc`, quando a memória terminar.

Função realloc

- Altera o tamanho do bloco de memória apontado
- Não altera o valor da memória
- Argumentos:
 - ponteiro para o bloco de memória
 - tamanho do novo bloco (em bytes), que pode ser maior ou menor que o original
- Retorno: endereço desse bloco de memória alocado

```
void *realloc(void *p, int new_size)
```

```
int main() {  
    char *s;  
    s = malloc(80);  
    printf("Escreva uma frase:");  
    gets(s);  
    printf("%s\n", s);  
    s = realloc(s, 20);  
    strcpy(s, "Bom dia! ");  
    printf("%s\n", s);  
}
```

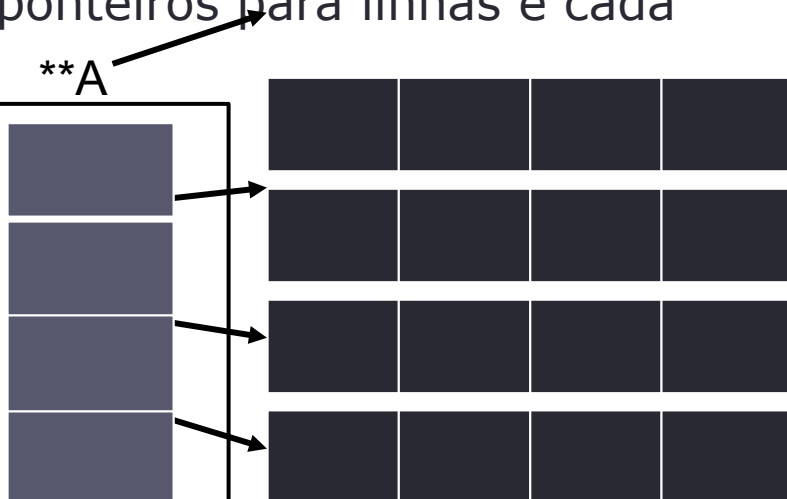
Alocação Dinâmica de Matrizes

- Matriz bidimensional é implementada como um vetor de vetores.
- Uma matriz bidimensional é um vetor ponteiros para linhas e cada linha é um vetor de elementos

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

```
int main(){
    int **A;
    int i, nlinhas = 10, ncolunas = 10;
    A = malloc(nlinhas * sizeof(int *));
    for (i = 0; i < nlinhas; ++i){
        A[i] = malloc(ncolunas * sizeof(int));
    }
```

```
A[1][2] = 25;
printf("%d\n", A[1][2]); // ou
printf("%d\n", *(A[1] + 2));
}
```



Exemplo

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

```
int** cria_mat(int m, int n){
    int i, **M;
    M = (int**) malloc(m*sizeof(int *));
    for (i = 0; i < m; i++){
        M[i] =
            (int*)calloc(n,sizeof (int));
    }
    return M;
}
```

```
void imp_mat(int **M,int m,int n){
    int l, c;
    for (l = 0; l < m; l++){
        for (c = 0; c < n; c++){
            printf("%d ",M[l][c]);
        }
        printf("\n");
    }
}
```

```
int main(){
    int **A;
    int i;
    A = cria_mat(3,4);
    A[1][1]=5;
    imp_mat(A,3,4);
}
```

Notação

- Definição de 'p' como um apontador para uma variável do tipo Tipo
- Tipo *p;
- Alocação de memória para uma variável apontada por p
- p = malloc(sizeof(Tipo));
- Liberação de memória
- free(p);
- Conteúdo da variável apontada por 'p'
- *p;
- Valor nulo para um apontador
- NULL;
- Endereço de uma variável 'a'
- &a;

Erros Comuns

- Esquecer de alocar memória e tentar acessar o conteúdo da variável
- Copiar o valor do apontador ao invés do valor da variável apontada
- Não inicializar o ponteiro
- Esquecer de liberar memória
- Ela é liberada ao fim do programa, mas pode ser um problema em loops
- Tentar acessar o conteúdo da variável depois da memória ter sido liberada