Programação 2 _ T3

~~Assembly e C – passagem de argumentos em funções.~~

Estruturas lineares – Listas.

Rui Camacho
(slides por Luís Teixeira)
MIEEC 2020/2021

LISTA

É uma **sequência de elementos,** geralmente do mesmo tipo: L_1, L_2, …, L_N

Uma **lista vazia** é uma lista com zero elementos

Operações comuns:

- criar uma lista vazia
- adicionar/remover um elemento a uma lista
- determinar a posição de um elemento na lista
- determinar o comprimento (nº de elementos) de uma lista
- concatenar duas listas

TÉCNICAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE LISTAS

Baseada em vetores (*arrays*) dinâmicos

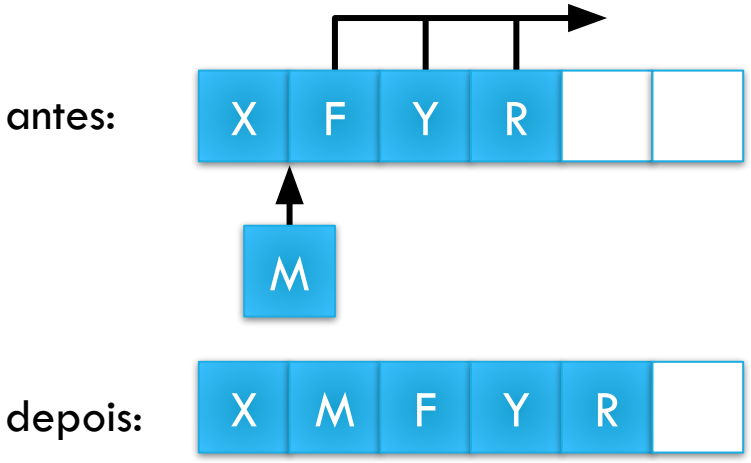
Baseada em apontadores:

- Listas ligadas
- Listas circulares
- Listas duplamente ligadas

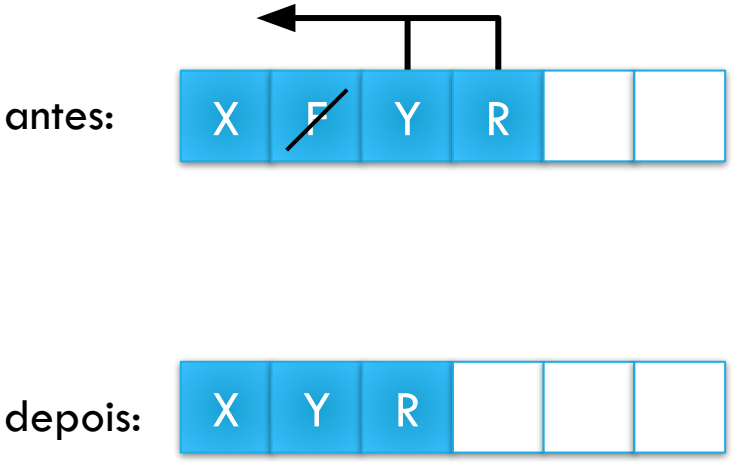
IMPLEMENTAÇÃO BASEADA EM VETORES

Os elementos da lista são guardados num **vetor dinâmico.** O vetor é uma estrutura de dados com alocação dinâmica de memória para armazenar N elementos de um dado tipo. O tamanho do vetor exige monitorização constante.

Inserção de M:

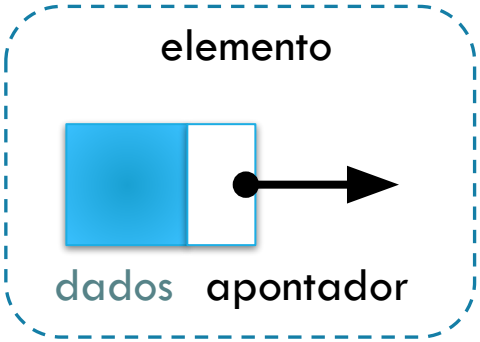


Remoção de F:



LISTA LIGADA

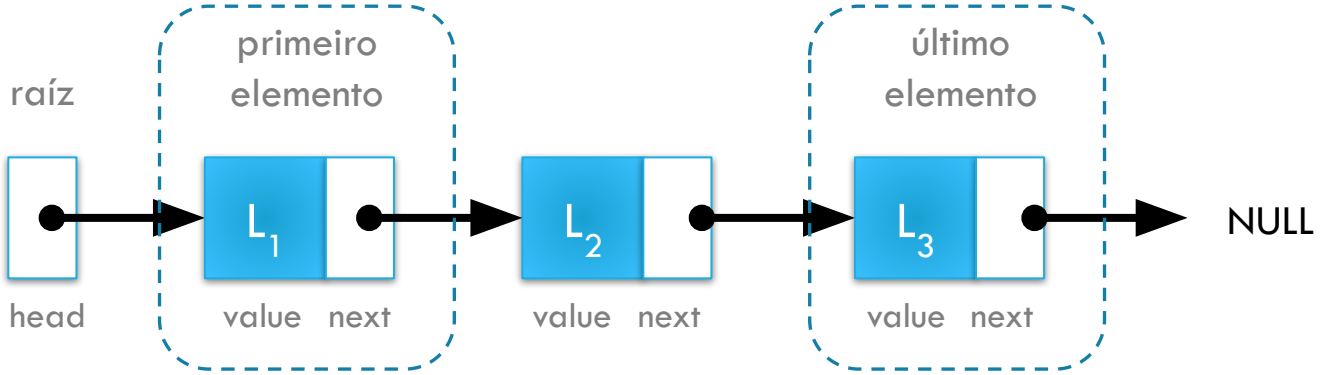
É uma estrutura de dados linear que consiste numa sequência de elementos, em que cada **elemento** inclui um (ou mais) campo(s) com **dados** e um **apontador**. O tamanho da lista é facilmente alterado por alocação dinâmica.



- Os **dados** podem ser de **qualquer tipo** e, em geral, os elementos da lista ligada são todos do mesmo tipo de dados.
- Cada elemento inclui um **apontador** para o endereço de memória do **próximo elemento** da lista.
- O apontador do **último elemento** da lista aponta para **NULL**.
- A lista é acessível através de um apontador "externo", ou **raiz**, que contém o endereço do primeiro elemento da lista.

LISTA LIGADA

```
struct listItem {
   data_type value;    /* valor do elemento da lista */
   struct listItem *next;  /* apontador para o próximo elemento */
};

struct listItem* head = NULL; /* apontador para o início da lista (raíz)
*/
```



VECTOR DINÂMICO VS. LISTA LIGADA

Implementação baseada em Vetores

Para inserir ou eliminar um elemento no vector poderá ser necessário (desvantagens):

- **mover outros elementos** para posições posteriores ou anteriores (no pior caso, todos os elementos!)
- **re-alocar memória**, quando a capacidade actual do vector é excedida; ou diminuir o tamanho do vector, quando se eliminam muitos elementos, evitando ocupação desnecessária de memória

Pesquisa, inserção e remoção de elementos:

- operações de complexidade temporal ***O(tamanho)****
- inserção pode ter complexidade espacial **O(*tamanho*)***

* Indicam tendência de crescimento
Mais informações nas próximas aulas

VECTOR DINÂMICO VS. LISTA LIGADA

Implementação baseada em Listas Ligadas

Não é possível aceder a posições aleatórias da lista através do uso de índices.
Os elementos requerem **mais espaço de memória** do que na implementação baseada em vectores porque, para além dos dados, é necessário armazenar a referência do próximo elemento.

Inserção e remoção de elementos:

- operações de complexidade temporal constante ***O(1)*** (nota: *se a posição já estiver especificada)*

Pesquisa de elementos:

- operação de complexidade temporal ***O(tamanho)***

LISTA LIGADA (EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO)

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

struct listItem {
   int value;
   struct listItem * next;
};

typedef struct listItem element;

/* cria um apontador para um novo elemento do
tipo listItem com o valor inteiro val */

element * newItem(int val);

/* percorre e imprime os dados armazenados na
lista, começando no elemento apontado por item
*/

void printList(element * item);
```

```c
int main() {

   element *curr, *head = NULL;
   int i;

   head = newItem(0);
   curr = head;
   for(i=1 ; i<10; i++) {
      curr->next = newItem(i);
      curr = curr->next;
   }
   curr->next = NULL;

   printList(head);

  /* libertar memória! */
}
```

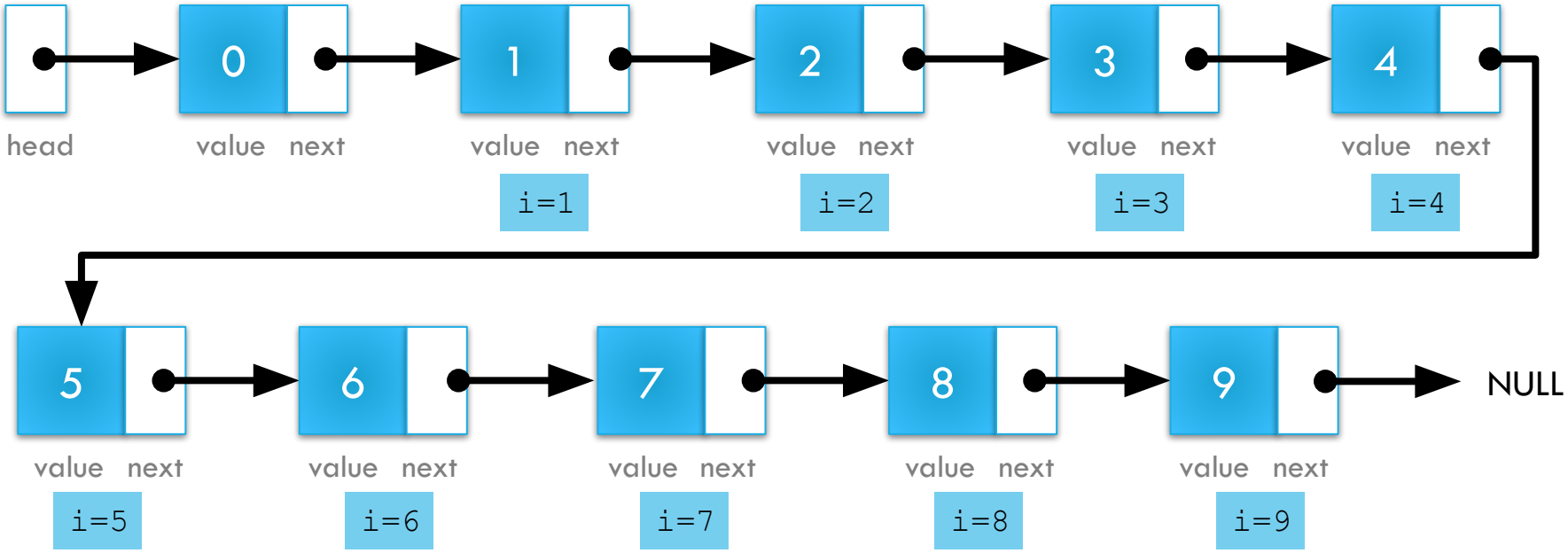
LISTA LIGADA (EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO)

```
head = newItem(0);

curr = head;
```

Cria e insere o primeiro elemento da lista

```
for (i=1 ; i<10; i++) {
   curr->next =
newItem(i);
   curr = curr->next;
}
```

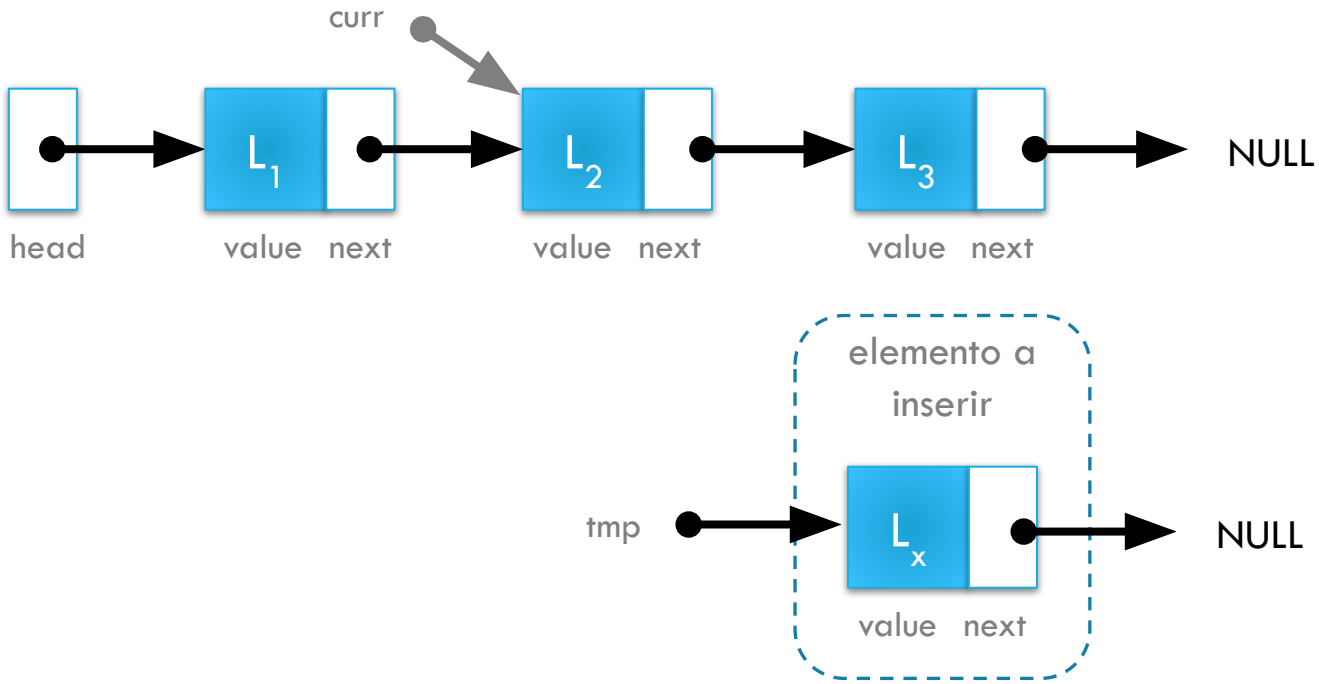
Cria e insere novos elementos no fim da lista



LISTA LIGADA (EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO)

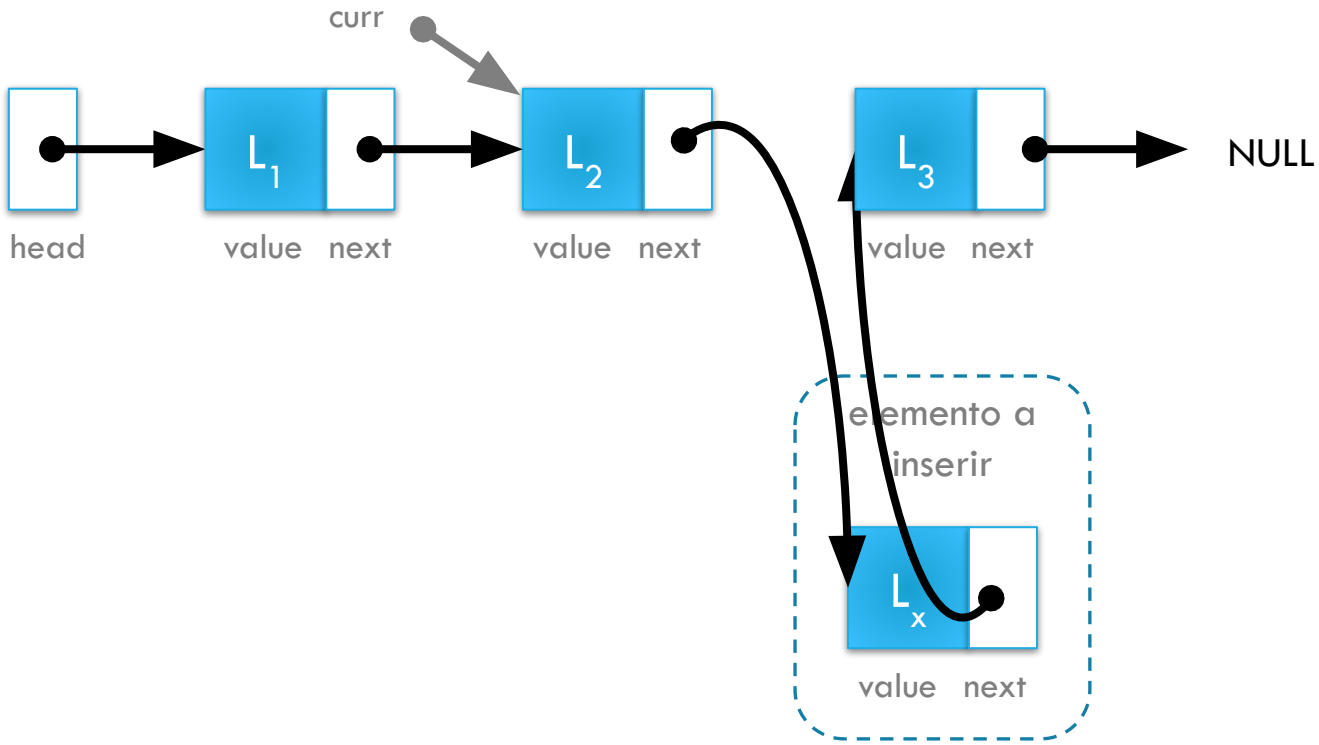
```
element * newItem(int val) {
    element *item = (element *) malloc(sizeof(element));
    item->value = val;
    item->next = NULL;
    return item;
};

void printList(element * item) {

    if (item == NULL) {
        printf("Lista vazia!\n"); return;
    }

    printf("Lista:");
    while(item != NULL) { /* percorre todos os elementos da lista */
      printf(" %d", item->value);
      item = item->next ;
    }
    printf("\n");
}
```

INSERIR ELEMENTOS NA LISTA



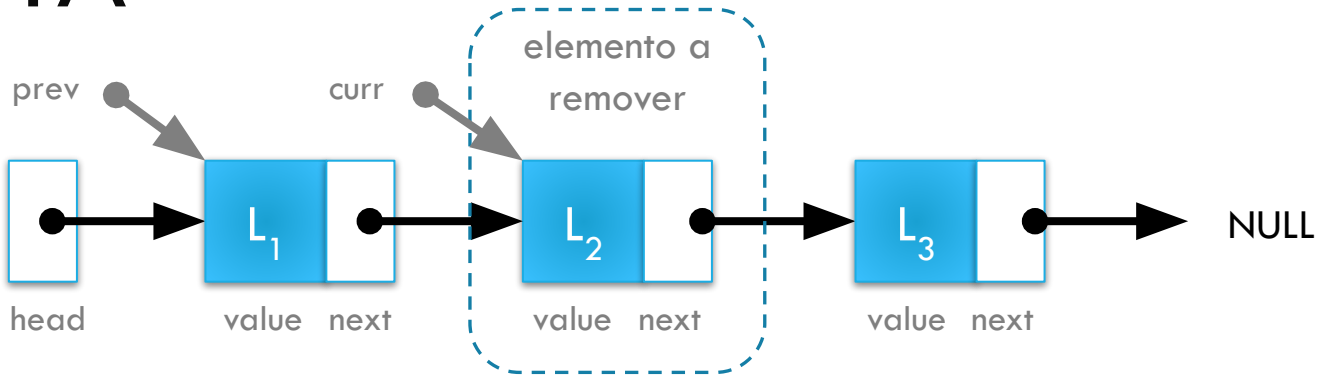
Para inserir um novo elemento na lista, referenciado por um apontador temporário `tmp`, é necessário **identificar a posição onde esse elemento irá ficar** e obter um apontador para o elemento **seguinte**,
i.e. `curr->next`.

INSERIR ELEMENTOS NA LISTA



A inserção efetua-se atualizando os apontadores `tmp->next = curr->next` e `curr->next = tmp`.

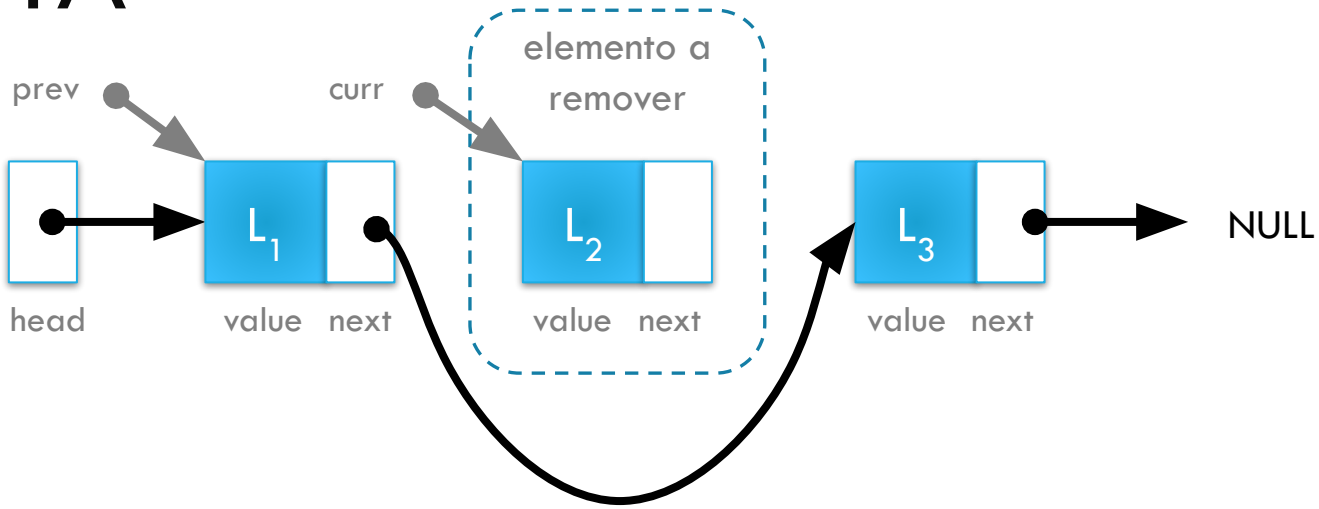
REMOVER ELEMENTOS DA LISTA



Para remover um elemento da lista é necessário **identificar a posição do elemento que se deseja remover** e ter acesso ao elemento **anterior** da lista.

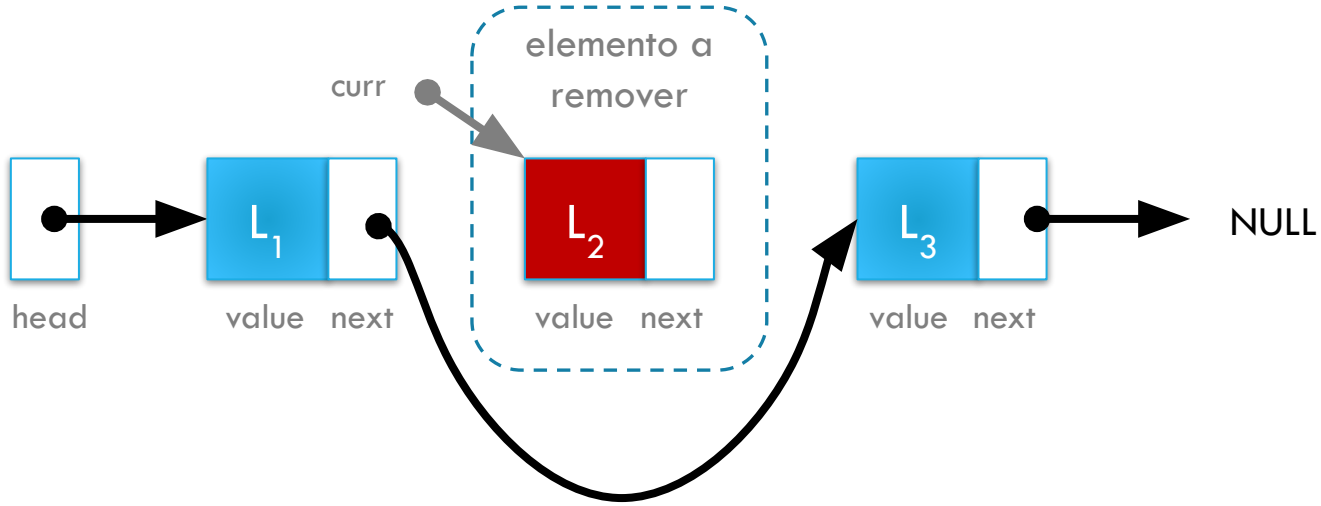
Sendo `prev` um apontador para o elemento anterior e `curr` um apontador para o elemento atual, compara-se o valor `curr->value` ao valor a remover e, enquanto for diferente, atualiza-se `prev = curr` e `curr = curr->next`.

REMOVER ELEMENTOS DA LISTA



Depois de identificar o elemento a remover, é necessário atualizar o apontador `prev->next = curr->next` e eliminar o apontador `curr` da memória.

FUGAS DE MEMÓRIA



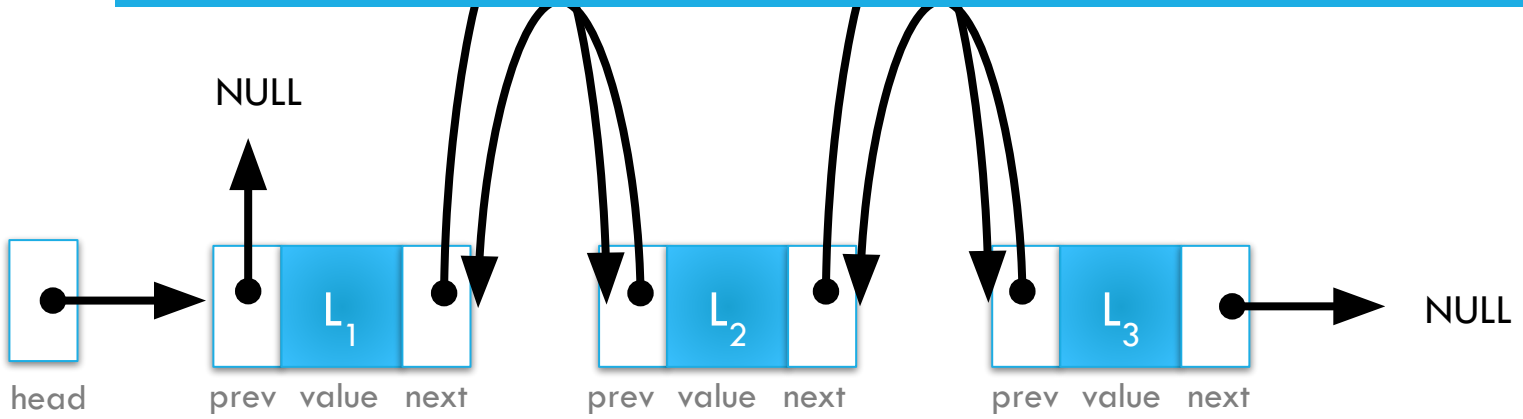
O que acontecerá ao elemento removido, quando não se liberta ou se atribui um novo endereço ao apontador do elemento (curr)?

O elemento fica permanentemente inacessível e não será possível libertar o espaço de memória que tinha sido alocado para o armazenar. Esta "perda" de elementos origina **fugas de memória** (***memory leaks***). Quando as fugas são significativas pode ocorrer um *crash* do sistema!

LISTA DUPLAMENTE LIGADA

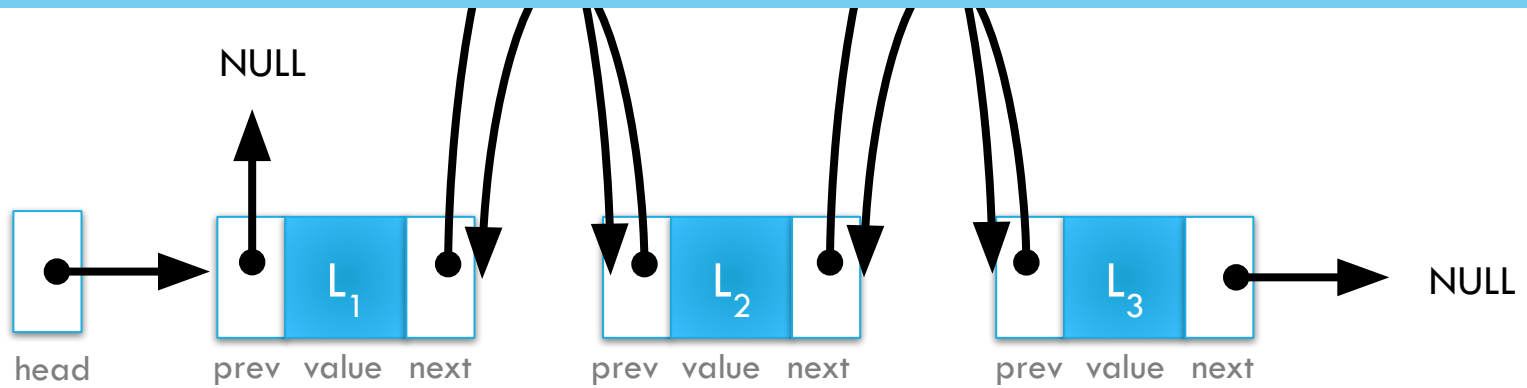
Uma **lista duplamente ligada** é um tipo especial de lista, em que cada elemento inclui dois apontadores, um para o elemento anterior e outro para o elemento seguinte da lista.

Estas listas são úteis em aplicações em que há necessidade de percorrer a lista em ambos os sentidos.



LISTA DUPLAMENTE LIGADA

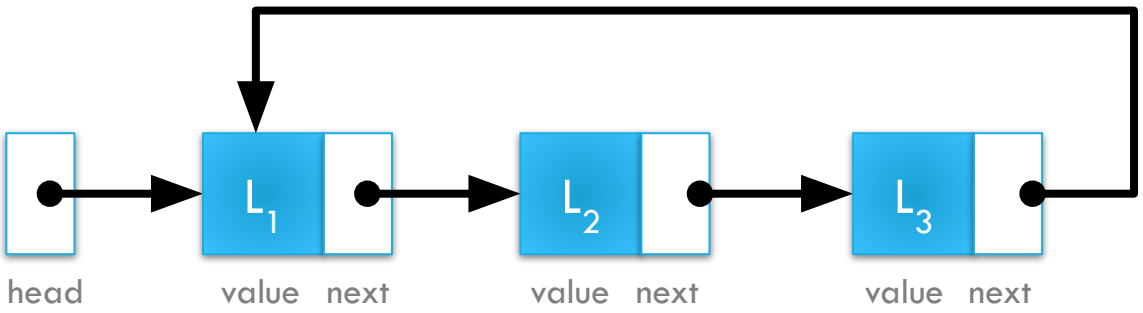
```
struct listItem {
   data_type value;   /* valor do elemento da lista */
   struct listItem *prev; /* apontador para o elemento anterior */
   struct listItem *next; /* apontador para o próximo elemento */
};

struct listItem* head = NULL;  /* apontador para o início da lista (raiz) */
                  /* pode também definir-se um apontador                    para
o fim da lista */
```



LISTAS CIRCULARES

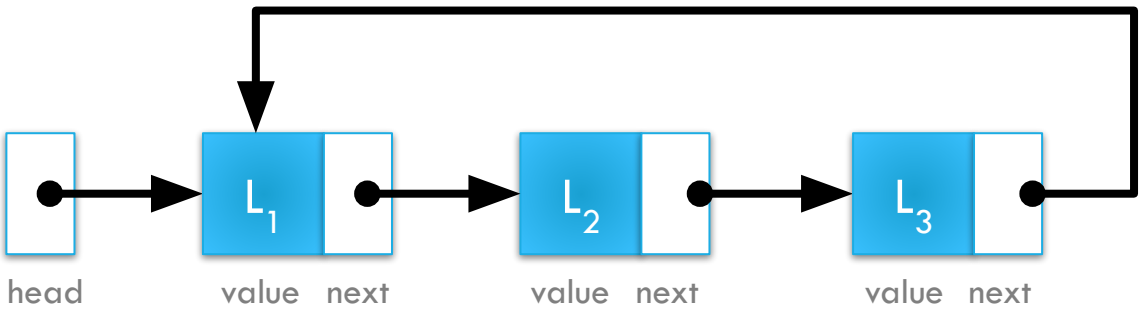
Uma **lista circular** é um tipo especial de lista ligada, em que o último elemento referencia o primeiro elemento da lista.

Estas listas são úteis em aplicações em que há necessidade de percorrer a lista em modo "loop", uma vez que ligam o fim ao início da lista.



LISTAS CIRCULARES

```
struct listItem {
   data_type value;        /* valor do elemento da lista */
   struct listItem *next; /* apontador para o próximo elemento */
};

struct listItem* head = NULL;  /* apontador para o início da lista (raiz) */
                  /* pode também definir-se um apontador                    para o fim da
lista */
```



EXEMPLO DE UMA LISTA

Lista dos alunos inscritos a Programação 2

A lista guarda informação sobre o nome e nota dos alunos

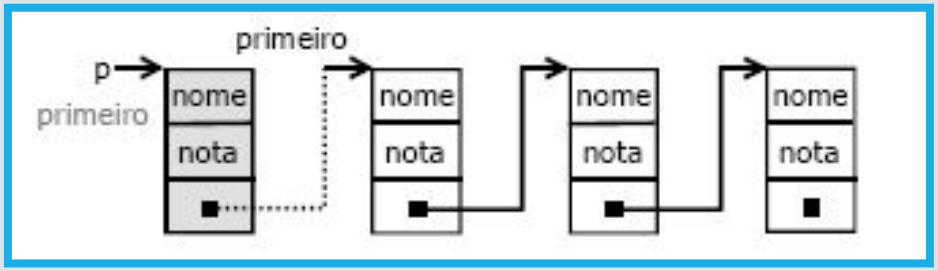
Operações:

- adicionar um aluno à lista
- remover alunos da lista
- listar todos os alunos e respectivas notas
- pesquisar um aluno pelo nome
- ordenar a lista por ordem alfabética (ou nota)
- etc.

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#define NCAR 100

typedef struct _aluno {
  char nome[NCAR];
  int nota;
  struct _aluno *proximo;
} aluno;

aluno *primeiro = NULL; /* = 0 */

void ler_str(char *s, int n) { /* ler um string */
  fgets(s, n, stdin);
  s[strlen(s)-1] = '\0';
}

void ler_aluno(aluno *a) { /* ler um registo de aluno */
   printf("Nome: "); ler_str(a->nome, NCAR);
   printf("Nota: "); scanf("%d", &a->nota);
}

void escrever_aluno(aluno *a) { /* escrever um registo de aluno */
  printf("Nome: %s\n", a->nome);
  printf("Nota: %2d\n", a->nota);
}
```

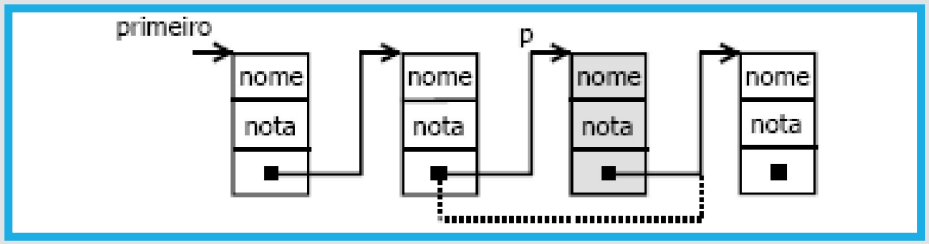
```
aluno* novo_aluno(void) {
  aluno *p;
  p = (aluno*)malloc(sizeof(aluno));
  p->proximo = NULL;
  return p;
}

void insere() { /* insere um novo registo no inicio da lista */
  aluno *p;
  char s[NCAR];

  p = novo_aluno();
  ler_str(s, NCAR);
  ler_aluno(p);

  if(primeiro == NULL)
    primeiro = p;
  else
  {
    p->proximo = primeiro;
    primeiro = p;
  }
}
```

Inserção no início da lista



```
aluno* busca() { /* efectua a busca de um nome na lista */
  aluno *p;
  char s[NCAR];
  printf("Nome a procurar? "); ler_str(s, NCAR); ler_str(s, NCAR);
  p = primeiro;
  while(p != NULL && strcmp(p->nome, s) != 0)
    p = p->proximo;
  if(p == NULL) printf("Nao foi encontrado\n");
  else escrever_aluno(p);
  return p;
}

void elimina() { /* elimina um registo da lista ligada */
  aluno *p, *pa; char resp;
  p = busca(); if(p == NULL) return;
  printf("Deseja remover (s,n)? ");
  scanf(" %c", &resp);
  if(resp =='s') {
    if(p == primeiro) {
      primeiro = p->proximo;
      free(p);
    } else {
      pa = primeiro;
      while(pa->proximo != p) pa=pa->proximo;
      pa->proximo = p->proximo;
      free(p);
    }
  }
}
```

Remoção de um elemento (a cinzento) de uma lista



```
void lista() {
  aluno *p;
  p = primeiro;
  while(p != NULL) {
    escrever_aluno(p);
    p=p->proximo;
  }
}

void menu() {
  char op;
  printf("Operacoes: i(nsere), e(limina), b(usca), l(ista), s(ai)\n");
  printf(">> Operacao desejada? ");
  scanf(" %c", &op);
  switch(op) {
    case 'i': insere(); break;
    case 'e': elimina(); break;
    case 'b': busca(); break;
    case 'l': lista(); break;
    case 's': exit(0);
    default: printf("Operacao nao definida\n");
  }
}

int main() {
  while(1) menu();
}
```