Estruturas de Dados
Aula 11: Outras Implementações de Listas

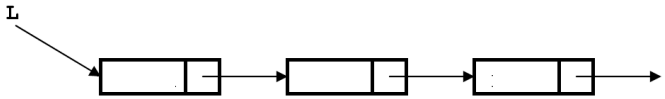
04/05/2009

Fontes Bibliográficas

- Waldemar Celes, Renato Cerqueira, José Lucas Rangel, *Introdução a Estruturas de Dados*, Editora Campus (2004)
  - Capítulo 10 – Listas encadeadas

Lista Encadeada Simples

- Considere uma lista encadeada simples, sem célula cabeçalho e sem "sentinela":



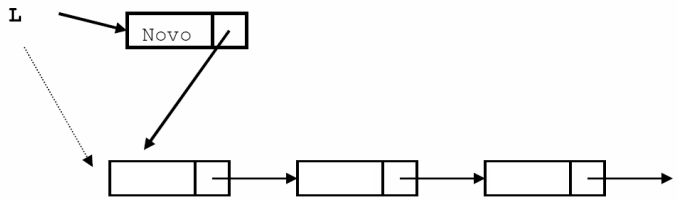

```
typedef int TipoChave;
typedef struct tipoitem TipoItem;
typedef struct celula_str TipoLista;
```

Lista Encadeada Simples

```
struct tipoitem{
  TipoChave Chave;
  /* outros componentes */
};

typedef struct celula_str *Ponteiro;
struct celula_str{
  TipoItem Item;
  Ponteiro Prox;
} Celula;
```

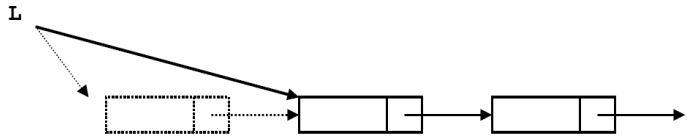
Função Inserir

```
TipoLista* lst_insere (TipoLista* l, TipoItem* item)
{
   /* cria uma nova celula */
   TipoLista* novo = (TipoLista*) malloc(sizeof(TipoLista));
   novo->Item = *item;
   novo->Prox = l;
   return novo;
}
```

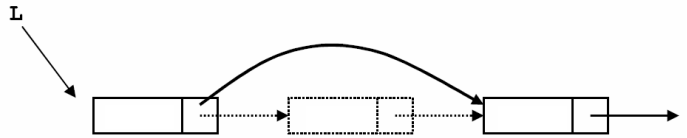


Função Retirar

- Recebe como entrada a lista e o valor do elemento a retirar
- Atualiza o valor da lista, se o elemento removido for o primeiro



- Caso contrário, apenas remove o elemento da lista



Função Retirar (código)

```
TipoLista* lst_retira (TipoLista* l, TipoChave v)
{
   TipoLista* ant = NULL;
   TipoLista* p = l;
   while (p != NULL && p->Item.Chave != v)
   { ant = p;
     p = p->Prox;}
   if (p == NULL)
      return l;
   if (ant == NULL){
     l = p->Prox;}
   else{
     ant->Prox = p->Prox;}
   free(p);
   return l;
}
```

Outras Operações

- Imprime lista:

```
void lst_imprime (TipoLista* l)
{
   TipoLista* p;
   for (p=l; p!=NULL; p=p->Prox)
        printf ("Chave = %d\n", p->Item.Chave);
}
```

- Busca elemento na lista:

```
TipoLista* busca (TipoLista* l, int v)
{
   TipoLista* p;
   for (p=l; p!=NULL; p = p->Prox) {
        if (p->Item.Chave == v)
               return p;
   }
   return NULL; /*não encontrou o elemento */
}
```

Outras Operações (2)

- Destroi Lista

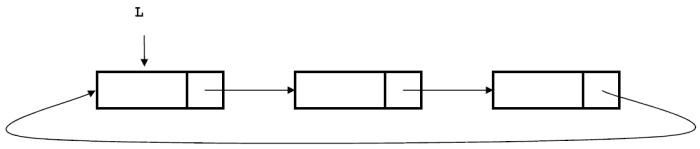
```
void lst_libera (TipoLista* l)
{
   TipoLista* p = l;
   while (p != NULL) {
     /* guarda referência p/ próx. elemento */
     TipoLista* t = p->Prox;
     /* libera a memória apontada por p */
     free(p);
     /* faz p apontar para o próximo */
     p = t;
   }
}
```

Programa testador (muito simples)

```
int main (void)
{
  TipoLista* l;
  l = lst_cria();
  TipoItem* item, item2;
  item = InicializaTipoItem(24);
  l = lst_insere (l, item); /*insere na lista*/
  item2 = InicializaTipoItem(25);
  l = lst_insere (l, item2); /*insere na lista*/
  lst_imprime (l);
  l = lst_retira(l, 25);
  lst_imprime(l);
  return 0;
}
```

Listas Circulares

- O último elemento tem como próximo o primeiro elemento da lista, formando um ciclo
- A lista pode ser representada por um ponteiro para um elemento inicial qualquer da lista

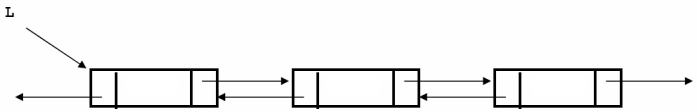


Função Imprime

```
/* imprime valores dos elementos */
void lcirc_imprime (TipoLista* l)
{
   /* faz p apontar para a célula inicial */
   TipoLista* p = l;
   /* testa se lista não é vazia e então percorre com
     do-while */
   if (p) do {
      /* imprime informação da célula */
      printf("%d\n", p->Item.Chave);
      /* avança para a próxima célula */
      p = p->prox;
   } while (p != l);
}
```

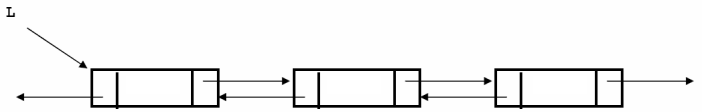
Listas Duplamente Encadeadas

- Cada elemento tem um ponteiro para o próximo elemento e um ponteiro para o elemento anterior
- Dado um elemento, é possível acessar o próximo e o anterior
- Dado um ponteiro para o último elemento da lista, é possível percorrer a lista em ordem inversa



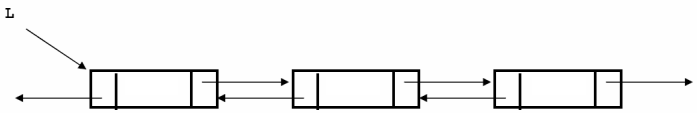
Listas Duplamente Encadeadas

```
typedef int TipoChave;
typedef struct tipoitem TipoItem;
typedef struct celula_str TipoListaDpl;
```



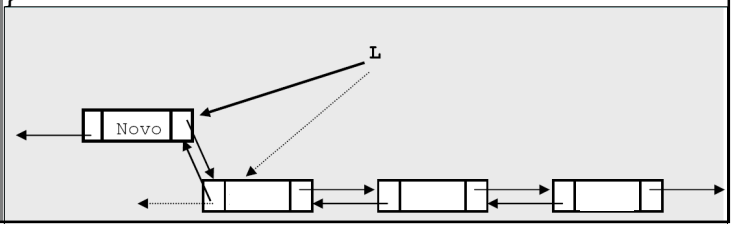
Listas Duplamente Encadeadas

```
struct tipoitem{
   TipoChave Chave;
   /* outros componentes */
};

typedef struct celula_str *Ponteiro;

struct celula_str{
   TipoItem Item;
   Ponteiro Prox, Ant;
};
```



Função Inserir (duplamente encadeada)

```
/* inserção no início: retorna a lista atualizada */
TipoListaDpl* lstdpl_insere (TipoListaDpl* l, TipoChave v)
{   TipoListaDpl* novo = (TipoListaDpl*)
                                malloc(sizeof(TipoListaDpl));
   novo->Item.Chave = v;
   novo->Prox = l;
   novo->Ant = NULL;
   /* verifica se lista não estava vazia */
   if (l != NULL)
      l->Ant = novo;
   return novo;
}
```



Função de Busca

- Recebe a informação referente ao elemento a pesquisar
- Retorna o ponteiro da célula da lista que representa o elemento, ou NULL, caso o elemento não seja encontrado na lista
- implementação idêntica à lista encadeada (simples)

```
TipoListaDpl* busca (TipoListaDpl* l, TipoChave v)
{TipoListaDpl* p;
  for (p=l; p!=NULL; p = p->Prox) {
     if (p->Item.Chave == v)
          return p;
  }
  return NULL; /*não encontrou o elemento */
}
```

Função de Retirar

- Se p é um ponteiro para o elemento a ser retirado, devemos fazer:
  - o anterior passa a apontar para o próximo:
    - **p->Ant->Prox = p->Prox**;
  - o próximo passa a apontar para o anterior:
    - **p->Prox->Ant = p->Ant**;
- Se p estiver em algum extremo da lista, devemos considerar as condições de contorno;
- Se p aponta para o último elemento
  - não é possível escrever **p->Prox->Ant** , pois p->Prox é NULL
- Se p aponta para o primeiro elemento
  - não é possível escrever **p->Ant->Prox** , pois p->Ant é NULL
  - é necessário atualizar o valor da lista, pois o primeiro elemento será removido

Função de Retirar (Exercício)

- Assinatura da função retira:

```
TipoListaDpl* lstdpl_retira (TipoListaDpl* l,
  TipoChave v)
```

Função de Retirar

```
/* função retira: remove elemento da lista */
TipoListaDpl* lstdpl_retira (TipoListaDpl* l, TipoChave
  v)
{
   TipoListaDpl* p = busca(l,v);
   if (p == NULL)
      /* não achou o elemento: retorna lista inalterada */
      return l;
   /* retira elemento do encadeamento */
   if (l == p) /* testa se é o primeiro elemento */
       l = p->prox;
   else
       p->ant->prox = p->prox;
   if (p->prox != NULL) /* testa se é o último elemento */
       p->prox->ant = p->ant;
   free(p);
   return l;
}
```

Listas de Tipos Estruturados

- A informação associada a cada célula (TipoItem) de uma lista encadeada pode ser mais complexa, sem alterar o encadeamento dos elementos
- As funções apresentadas para manipular listas de inteiros podem ser adaptadas para tratar listas de outros tipos
- O campo da TipoItem pode ser representado por um ponteiro para uma estrutura, em lugar da estrutura em si
- Independente da informação armazenada na lista, a estrutura da célula é sempre composta por:
  - um ponteiro para a informação e
  - um ponteiro para a próxima célula da lista

Exemplo: Lista de Retângulos

```
struct retangulo {
  float b;
  float h;
};

typedef struct retangulo Retangulo;
typedef struct celula_str *Ponteiro;
typedef struct celula_str{
  Retangulo* Item;
  Ponteiro Prox;
} Celula;
typedef Celula TipoLista;
```

Função para alocar uma célula

```
static TipoLista* aloca (float b, float h)
{
    Retangulo* r = (Retangulo*) malloc(sizeof(Retangulo));
    TipoLista* p = (TipoLista*) malloc(sizeof(TipoLista));
    r->b = b;
    r->h = h;
    p->Item = r;
    p->Prox = NULL;
    return p;
}
```

- Para alocar um nó, são necessárias duas alocações dinâmicas:
  - uma para criar a estrutura do retângulo e outra para criar a estrutura do nó.
- O valor da base associado a um nó p seria acessado por: p->Item->b.

Listas Heterogêneas

- Como o campo Item da Célula é um ponteiro, podemos construir listas heterogênias, ou seja, com células apontando para tipos diferentes;
- Por exemplo, imagine uma lista de retângulos, triângulos e círculos, cujas áreas são dadas por, respectivamente:

$$r = b * h \qquad t = \frac{b * h}{2} \qquad c = \pi\, r^2$$

Listas Heterogêneas

```
struct retangulo {
   float b;
   float h;
};
typedef struct retangulo Retangulo;
struct triangulo {
   float b;
   float h;
};
typedef struct triangulo Triangulo;
struct circulo {
  float r;
};
typedef struct circulo Circulo;
```

Listas Heterogêneas

- A célula contém:
  - um ponteiro para a próxima célula da lista
  - um ponteiro para a estrutura que contém a informação
    - deve ser do tipo genérico (ou seja, do tipo void*) pois pode apontar para um retângulo, um triângulo ou um círculo
  - Um identificador indicando qual objeto a célula armazena
    - consultando esse identificador, o ponteiro genérico pode ser convertido no ponteiro específico para o objeto e os campos do objeto podem ser acessados

Listas Heterogêneas

```
/* Definição dos tipos de objetos */
#define RET 0
#define TRI 1
#define CIR 2

typedef struct celula_str* Ponteiro;
typedef struct celula_str{
  int tipo;
  void* Item;
  Ponteiro Prox;
} Celula;

typedef Celula TipoListaHet;
```

Listas Heterogêneas - Exercícios

- Defina as operações para alocar células:

TipoListaHet* cria_ret (float b, float h)
TipoListaHet* cria_tri (float b, float h)
TipoListaHet* cria_cir (float r)

Listas Heterogêneas - Exercícios

```
TipoListaHet* cria_ret (float b, float h)
{
   Retangulo* r = (Retangulo*) malloc(sizeof(Retangulo));
   r->b =  b;
   r->h = h;
   TipoLista* p = (TipoLista*) malloc(sizeof(TipoLista));
   p->tipo = RET;
   p->Item = r;
   p->Prox = NULL;
   return p;
}
```

Listas Heterogêneas - Exercícios

- Fazer função que retorna a maior área entre os elementos da lista
  - retorna a maior área entre os elementos da lista
  - para cada nó, de acordo com o tipo de objeto que armazena, chama uma função específica para o cálculo da área

Listas Heterogêneas - Exercícios

```
/* função para cálculo da área de um retângulo */
static float ret_area (Retangulo* r)
{
  return r->b * r->h;
}

/* função para cálculo da área de um triângulo */
static float tri_area (Triangulo* t)
{
  return (t->b * t->h) / 2;
}

/* função para cálculo da área de um círculo */
static float cir_area (Circulo* c)
{
  return PI * c->r * c->r;
}
```

Listas Heterogêneas - Exercícios

a conversão de ponteiro genérico para ponteiro específico ocorre quando uma das funções de cálculo da área é chamada:
passa-se um ponteiro genérico, que é atribuído a um ponteiro específico, através da conversão implícita de tipo

```
static float area (TipoListaHet* p){
   float a;
   switch (p->tipo) {
        case RET:
                a = ret_area (p->Item);
        break;
        case TRI:
                a = tri_area (p->Item);
        break;
        case CIR:
                a = cir_area (p->Item);
        break;
   }
   return a;
}
```

Listas Heterogêneas - Exercícios

```
float max_area (TipoListaHet* l)
{
   float amax = 0.0;
   TipoListaHet* p;
   for (p=l; p!=NULL; p=p->Prox){
        float a = area(p);
        if (a>amax)
               amax = a;
   }
   return amax;
}
```