INF 1010
Estruturas de Dados Avançadas

Revisão de C - Listas

listas
revisão

Motivação

vetor

ocupa um espaço contíguo de memória

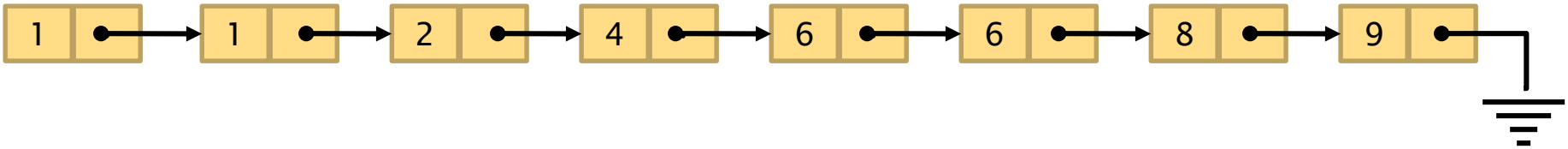
permite acesso randômico aos elementos

deve ser dimensionado com um número máximo de elementos

estrutura dinâmica

cresce (ou decresce) à medida que elementos são inseridos (ou removidos)

Ex.: listas encadeadas - amplamente usadas para implementar outras estruturas de dados



Lista Encadeada

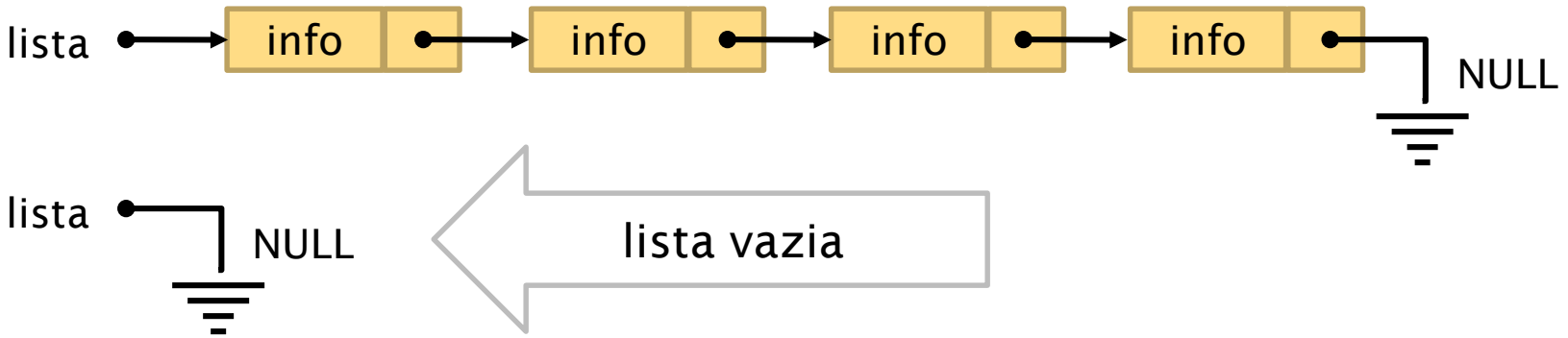
seqüência encadeada de elementos, chamados de nós da lista

nó da lista é representado por dois campos:

- a **informação** armazenada e
- o **ponteiro** para o próximo elemento da lista

a lista é representada por um ponteiro para o primeiro nó

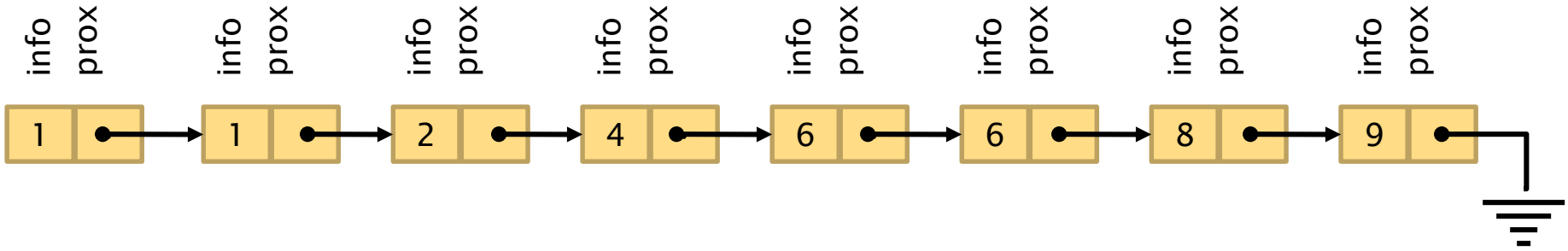
o ponteiro do último elemento é NULL



Estrutura com ponteiro para ela mesma

```
struct lista {
    int info;
    struct lista* prox;
};
typedef struct lista Lista;
```

```
/* declaração e inicialização da lista */
Lista *lst = NULL;
```



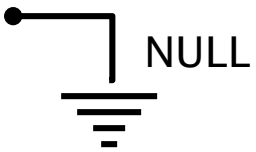
Exemplo: Lista de inteiros (outra forma)

```
struct lista {
   int info;
   struct lista* prox;
};
typedef struct lista Lista;
```

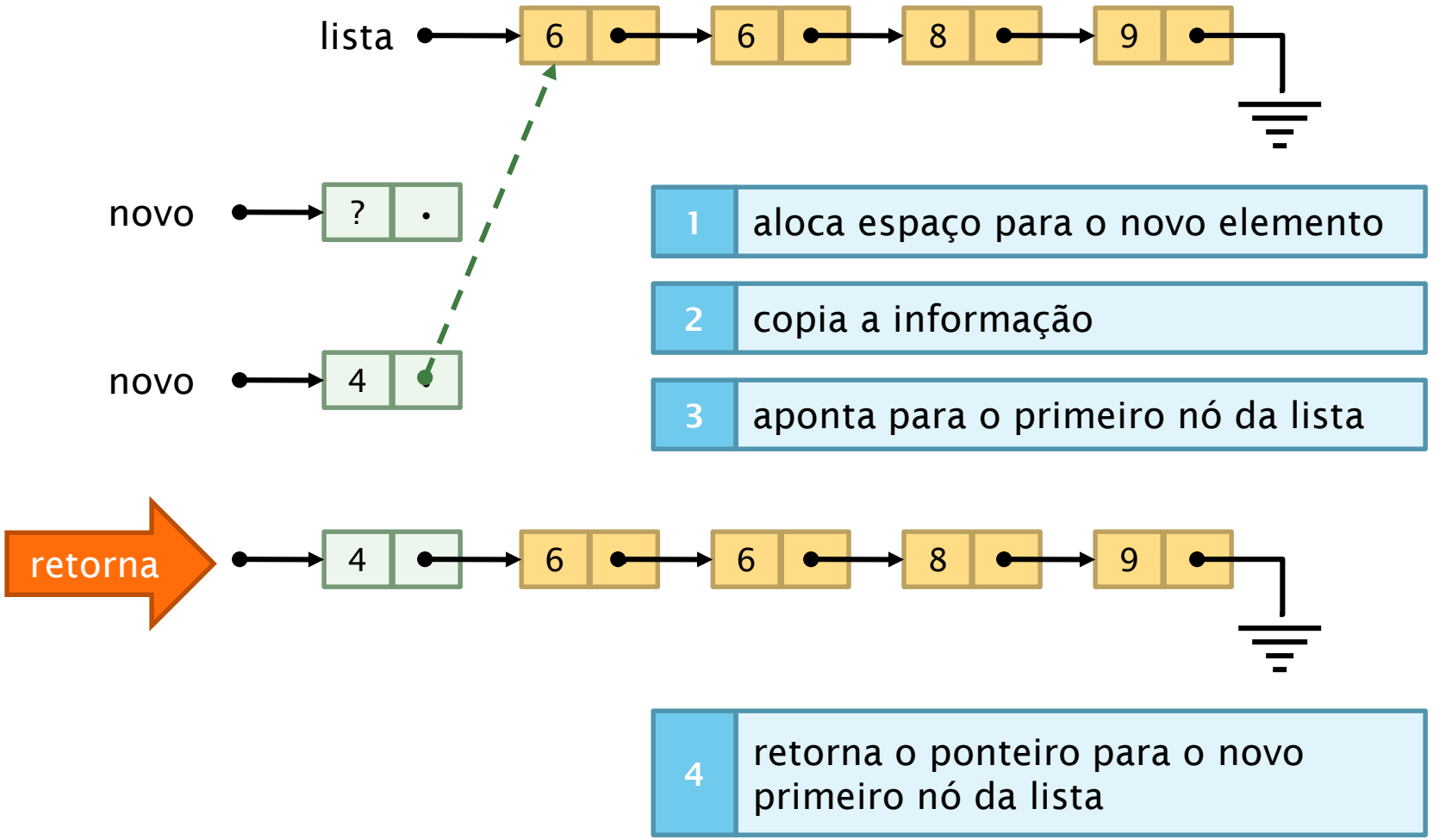
```
typedef struct lista Lista;

struct lista {
   int info;
   Lista* prox;
};
```

Lista encadeada de inteiros: Criação

```
/* função de criação: retorna uma lista vazia */
Lista* lst_cria (void)
{
   return NULL;
}
```



Lista encadeada de inteiros: Inserção



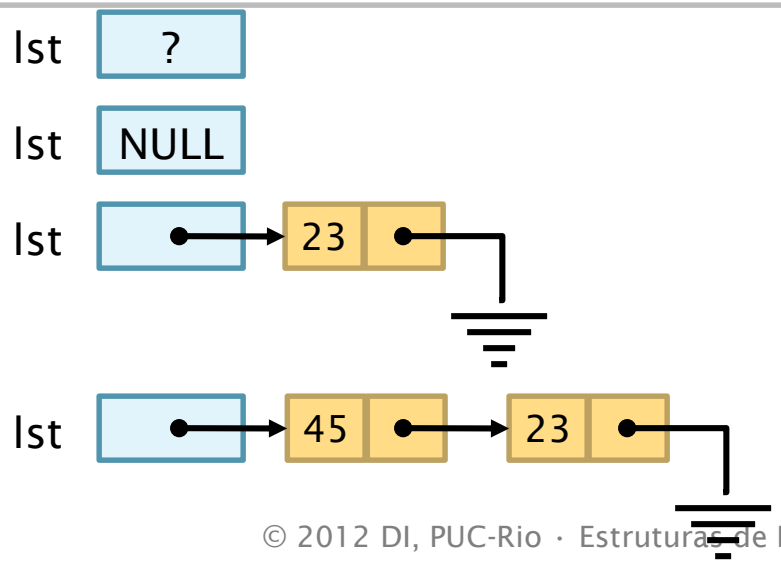
Lista encadeada de inteiros: Inserção

```
/* inserção no início: retorna a lista atualizada
*/
Lista* lst_insere (Lista* lst, int val)
{
   Lista* novo = (Lista*) malloc(sizeof(Lista));
   novo->info = val;
   novo->prox = lst;
   return novo;
}
```

1	aloca espaço para o novo elemento
2	copia a informação
3	aponta para o primeiro nó da lista
4	retorna o ponteiro para o novo primeiro nó da lista

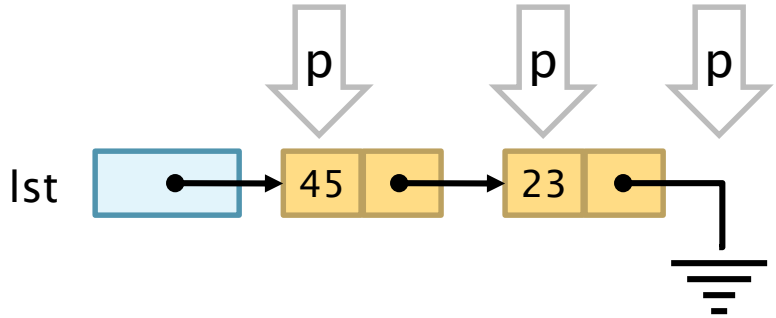
Lista encadeada de inteiros: Exemplo

```
int main (void)
{
   Lista* lst;         /* declara lista não inicializada */
   lst = lst_cria();   /* cria e inicializa lista vazia */

   lst = lst_insere(lst, 23);   /* insere o elemento 23 */
   lst = lst_insere(lst, 45);   /* insere o elemento 45 */
   ...
   return 0;
}
```



Lista encadeada de inteiros: Impressão

```
/* função imprime: imprime valores dos elementos */
void lst_imprime (Lista* lst)
{
   Lista* p;
   for (p = lst; p != NULL; p = p->prox)
      printf("info = %d\n", p->info);
   printf("fim");
}
```




```
info = 45
info = 23
fim
```

Lista encadeada de inteiros: Teste de vazia

Retorna 1, se a lista estiver vazia ou
0, caso contrário

```
/* função vazia: retorna 1 se vazia ou 0 se não vazia */
int lst_vazia (Lista* lst)
{
   return (lst == NULL);
}
```

Lista encadeada de inteiros: Busca

recebe a informação referente ao elemento a pesquisar

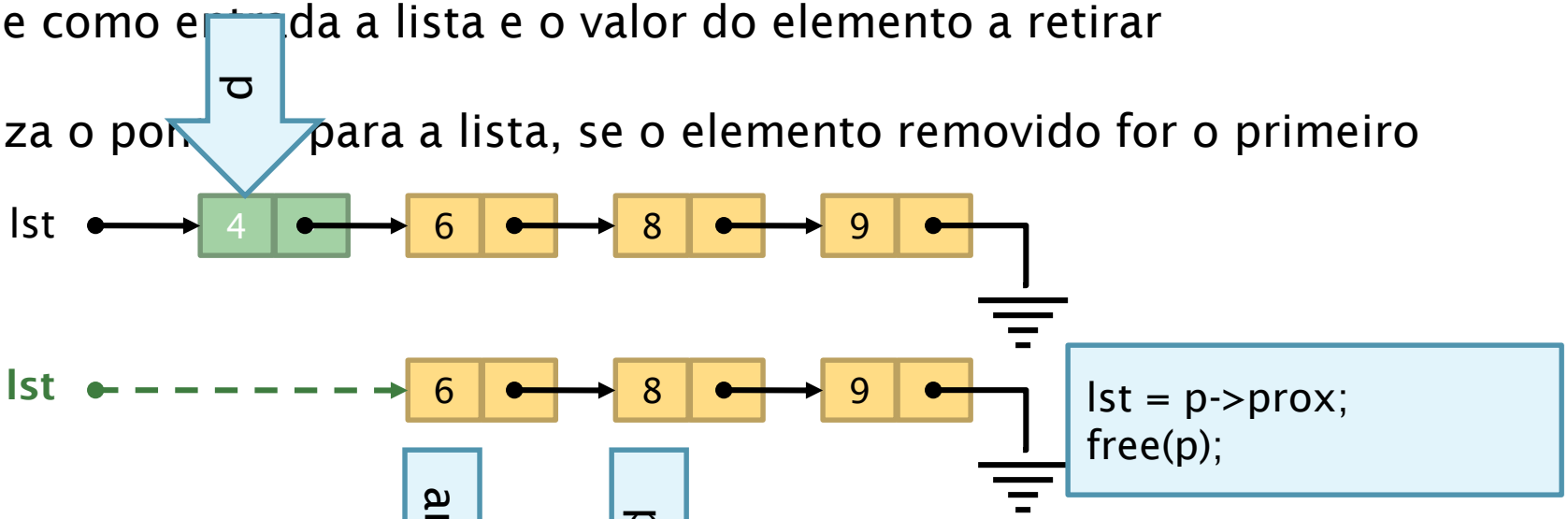
retorna o ponteiro do nó da lista que representa o elemento, ou NULL, caso o elemento não seja encontrado na lista

```
/* função lst_busca: busca um elemento na lista */
Lista* lst_busca (Lista* lst, int val)
{ Lista* p;
   for (p=lst; p!=NULL; p = p->prox) {
      if (p->info == val)
         return p;
   }
   return NULL;       /* não achou o elemento */
}
```

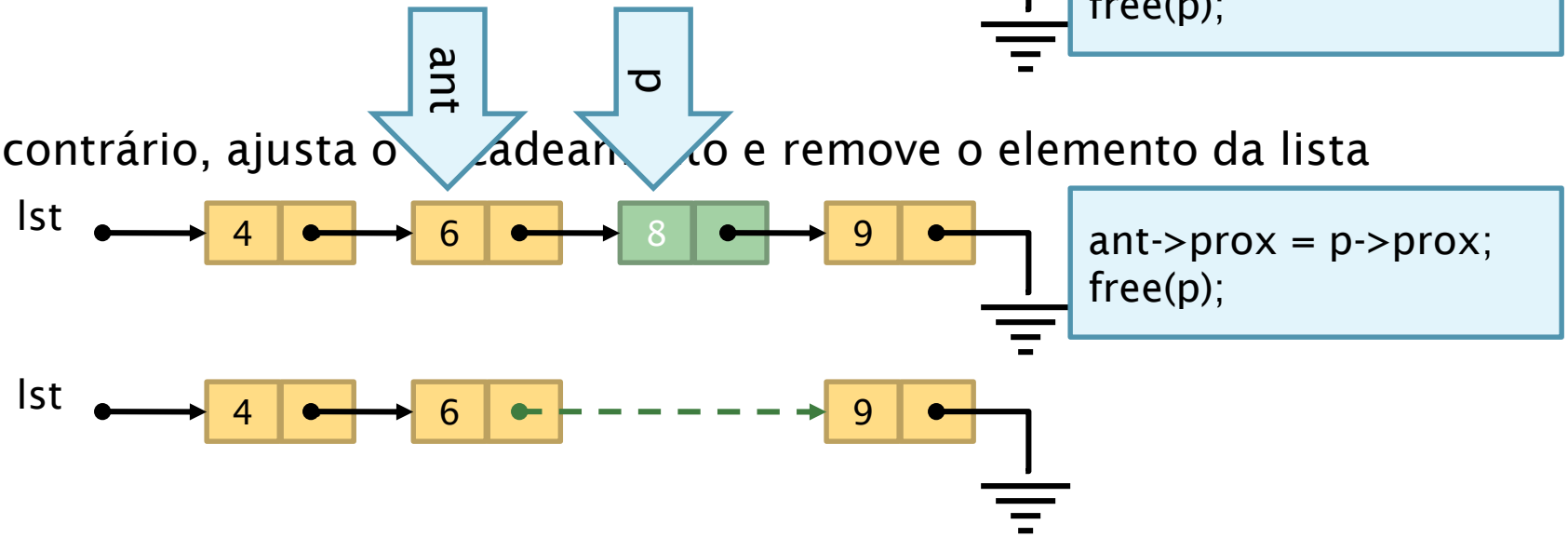
Lista encadeada de inteiros: Remoção

recebe como entrada a lista e o valor do elemento a retirar

atualiza o ponteiro para a lista, se o elemento removido for o primeiro

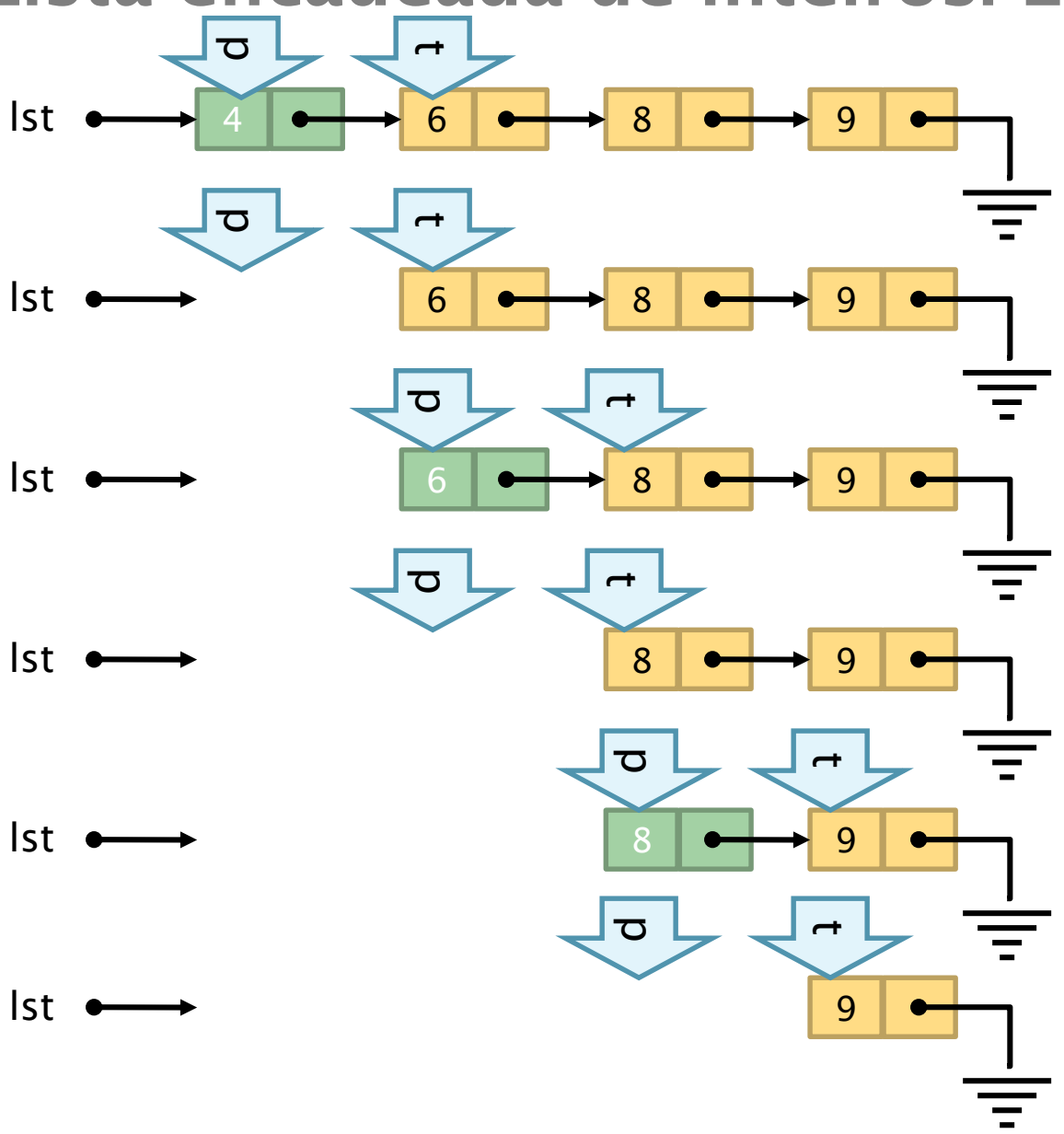


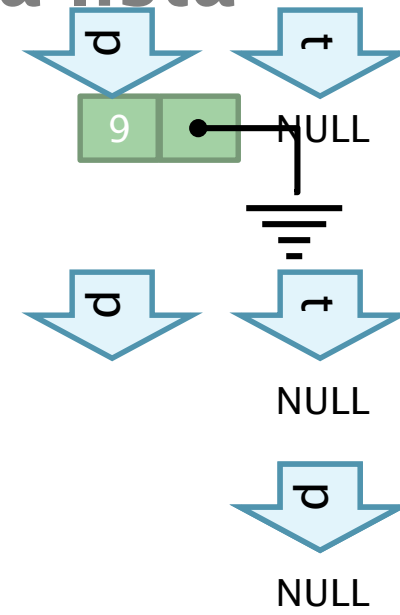
caso contrário, ajusta o encadeamento e remove o elemento da lista



```c
/* retira: retira elemento da lista */
Lista* lst_retira (Lista* lst, int val)
{
   Lista* ant = NULL;   /* ponteiro para elemento anterior */
   Lista* p = lst;      /* ponteiro para percorrer a lista */
   /* procura elemento na lista, guardando anterior */
   while (p != NULL && p->info != val) {
      ant = p;
      p = p->prox;
   }
   /* verifica se achou elemento */
   if (p == NULL)
      return lst;     /* não achou: retorna lista original */
   /* achou: retira */
   if (ant == NULL)           /* retira elemento do inicio */
      lst = p->prox;
   else                    /* retira elemento do meio da lista */
      ant->prox = p->prox;
   free(p);          /* libera espaço ocupado pelo elemento */
   return lst;
}
```

Lista encadeada de inteiros: Libera a lista





Lista encadeada de inteiros: Libera a lista

destrói a lista, liberando todos os elementos alocados

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

TAD Lista encadeada de inteiros

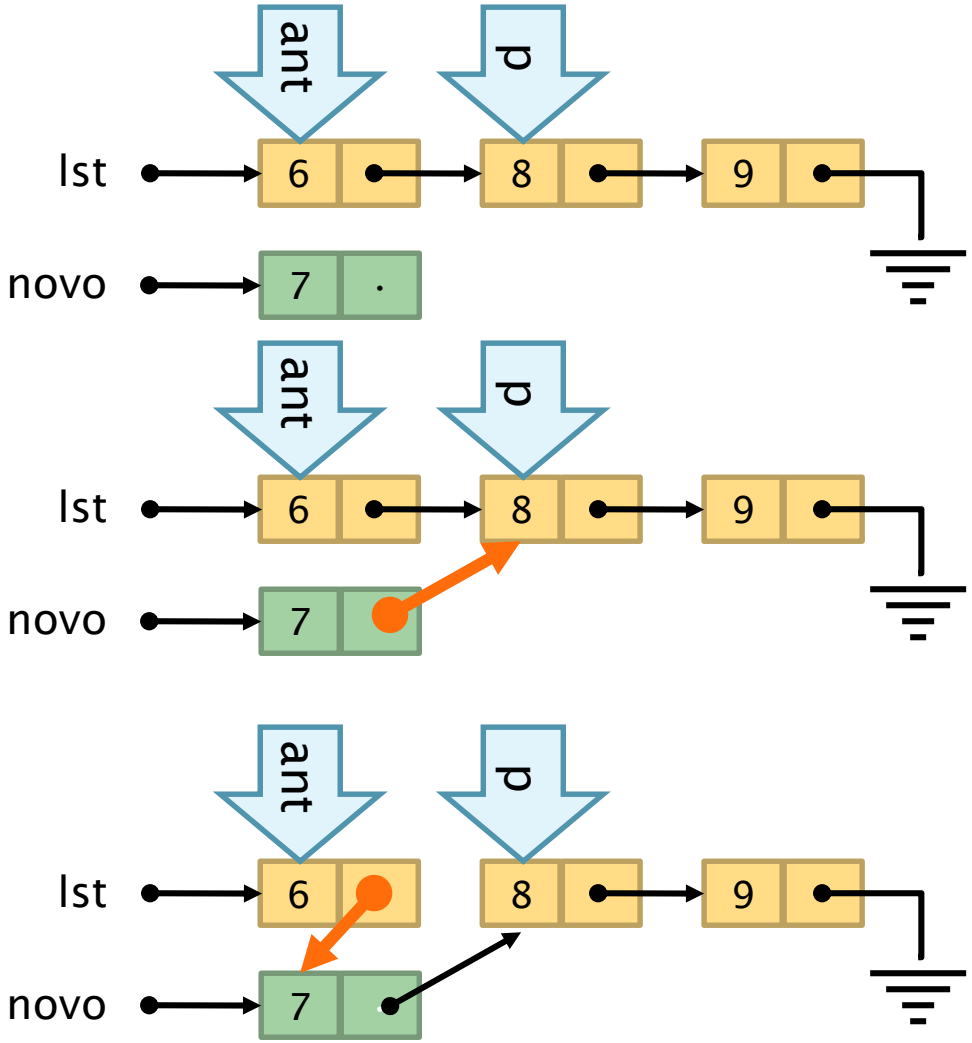
```
/* TAD: lista de inteiros */

typedef struct lista Lista;

Lista* lst_cria (void);
void lst_libera (Lista* lst);

Lista* lst_insere (Lista* lst, int val);
Lista* lst_retira (Lista* lst, int val);

int lst_vazia (Lista* lst);

Lista* lst_busca (Lista* lst, int val);

void lst_imprime (Lista* lst);
```

TAD Lista: Exemplo

```
#include <stdio.h>
#include "lista.h"
int main (void)
{
   Lista* lst;              /* declara lista não iniciada */
   lst=lst_cria();          /* inicia lista vazia          */
   lst=lst_insere(lst,23); /* insere na lista o elemento 23 */
   lst=lst_insere(lst,45); /* insere na lista o elemento 45 */
   lst=lst_insere(lst,56); /* insere na lista o elemento 56 */
   lst=lst_insere(lst,78); /* insere na lista o elemento 78 */
   lst_imprime(lst);        /* imprimirá: 78 56 45 23      */
   lst=lst_retira(lst,78);
   lst_imprime(lst);        /* imprimirá: 56 45 23         */
   lst=lst_retira(lst,45);
   lst_imprime(lst);        /* imprimirá: 56 23            */
   lst_libera(lst);
   return 0;
}
```

Listas Encadeadas Ordenadas

função de inserção percorre os elementos da lista até encontrar a posição correta para a inserção do novo elemento

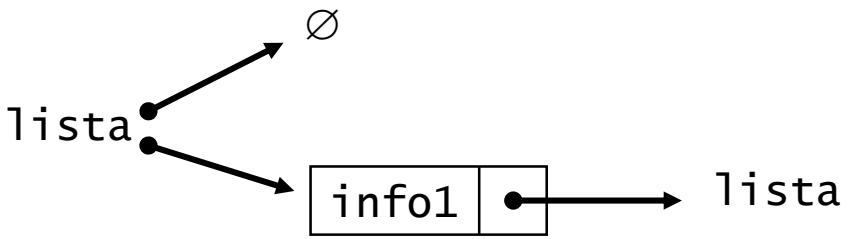


```c
/* insere_ordenado: insere elemento em ordem */
Lista* lst_insere_ordenado (Lista* lst, int val)
{
   Lista* novo;
   Lista* ant = NULL;    /* ponteiro para elemento anterior  */
   Lista* p = lst;       /* ponteiro para percorrer a lista  */
   /* procura posição para inserção */
   while (p != NULL && p->info < val) {
      ant = p;
      p = p->prox;
   }
   /* cria novo elemento */
   novo = (Lista*) malloc(sizeof(Lista));
   novo->info = val;
   /* encadeia elemento */
   if (ant == NULL) {           /* insere elemento no início */
      novo->prox = lst;
      lst = novo;
   }
   else {                       /* insere elemento no meio da lista */
      novo->prox = ant->prox;
      ant->prox = novo;
   }
   return lst;  /* retorna ponteiro para o primeiro elemento */
}
```

Definição recursiva de lista

uma lista é

- uma lista vazia; ou
- um elemento seguido de uma sublista



Exemplo 1 – Função recursiva para imprimir uma lista

se a lista for vazia, não imprima nada

caso contrário,

1. imprima a informação associada ao primeiro nó, dada por `lst->info`
2. imprima a sublista, dada por `lst->prox`, chamando recursivamente a função

```
/* função imprime recursiva */
void lst_imprime_rec (Lista* lst)
{
   if (!lst_vazia(lst)) {
      /* imprime primeiro elemento      */
      printf("info: %d\n",lst->info);
      /* imprime sub-lista              */
      lst_imprime_rec(lst->prox);
   }
}
```

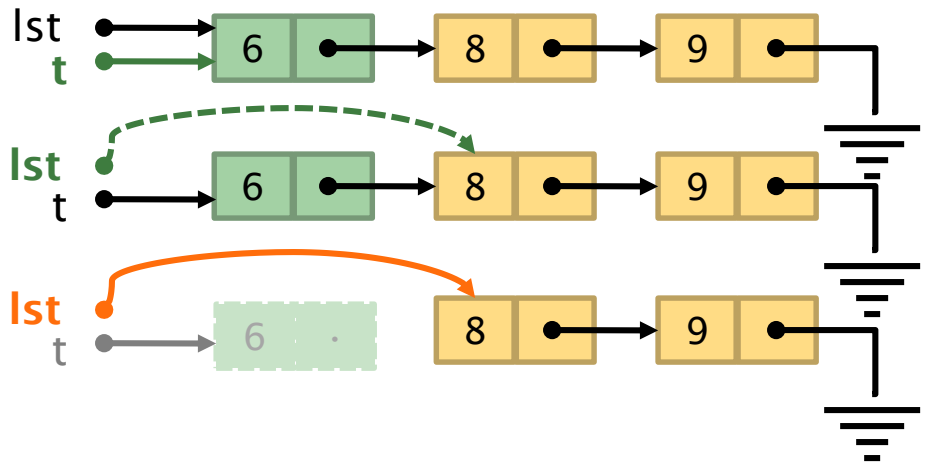
Exemplo 2 – Função recursiva para imprimir invertido

```
/* função imprime recursiva original */
void lst_imprime_rec (Lista* lst)
{
   if (!lst_vazia(lst)) {
      /* imprime primeiro elemento      */
      printf("info: %d\n",lst->info);
      /* imprime sub-lista              */
      lst_imprime_rec(lst->prox);
   }
}
```

```
/* função imprime recursiva invertida */
void lst_imprime_rec_inv (Lista* lst)
{
   if (!lst_vazia(lst) ) {
      /* imprime sub-lista              */
      lst_imprime_rec_inv(lst->prox);
      /* imprime ultimo elemento */
      printf("info: %d\n",lst->info);
   }
}
```

Exemplo 3 – Lista* lst_retira_rec (Lista* lst, int val)
Função para retirar um elemento da lista

se o elemento for o primeiro da lista (ou da sublista), retire-o



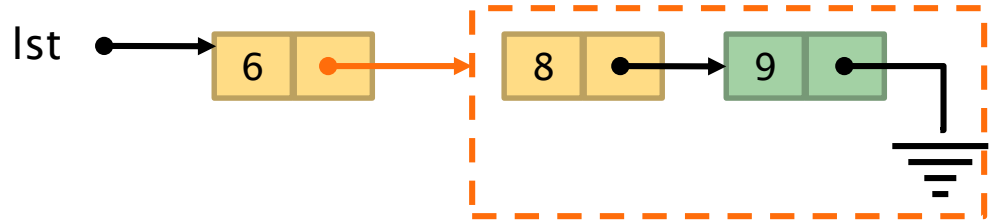

```
t = lst;
```

```
lst = lst->prox;
```

```
free(t);
```

```
return lst;
```

caso contrário, chame a função recursivamente para retirar o elemento da sublista




```
lst->prox = lst_retira_rec(
   lst->prox, 9);
```

Lista: Retira recursiva

```
/* Função retira recursiva */
Lista* lst_retira_rec (Lista* lst, int val)
{
   if (!lst_vazia(lst)) {
      /* verifica se elemento a ser retirado é o primeiro */
      if (lst->info == val) {
         Lista* t = lst;
         lst = lst->prox;
         free(t);
      }
      else {
         /* retira de sub-lista */
         lst->prox = lst_retira_rec(lst->prox,val);
      }
   }
   return lst;
}
```

Por que t é necessário?

Lista: Igualdade de listas

```
int lst_igual (Lista* lst1, Lista* lst2);
```

retorna 1 se as listas forem iguais; 0 caso contrário

iterativa

percorre as duas listas, usando dois ponteiros auxiliares:

- se duas informações forem diferentes, as listas são diferentes

ao terminar uma das listas (ou as duas):

- se os dois ponteiros auxiliares são NULL, as duas listas têm o mesmo número de elementos e são iguais
- caso contrário, são diferentes

recursiva

se as duas listas dadas são vazias, são iguais

se apenas uma delas é vazia, as listas são diferentes

se ambas não forem vazias, teste

- se informações associadas aos primeiros nós são iguais e se as sub-listas são iguais

Listas iguais

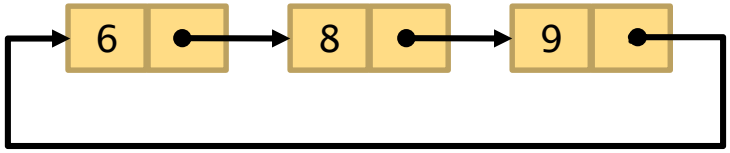
```
int lst_igual (Lista* lst1, Lista* lst2)
{
   Lista* p1;                    /* ponteiro para percorrer l1 */
   Lista* p2;                    /* ponteiro para percorrer l2 */
   for (p1=lst1, p2=lst2;
          p1 != NULL && p2 != NULL;
          p1 = p1->prox, p2 = p2->prox)
   {
      if (p1->info != p2->info) return 0;
   }
   return p1==p2;
}
```

```
int lst_igual_rec(Lista* lst1, Lista* lst2)
{
   if (lst1 == NULL && lst2 == NULL)
      return 1;
   else if (lst1 == NULL || lst2 == NULL)
      return 0;
   else
      return (lst1->info == lst2->info) &&
             lst_igual_rec (lst1->prox, lst2->prox);
}
```

Lista circular

Lista circular

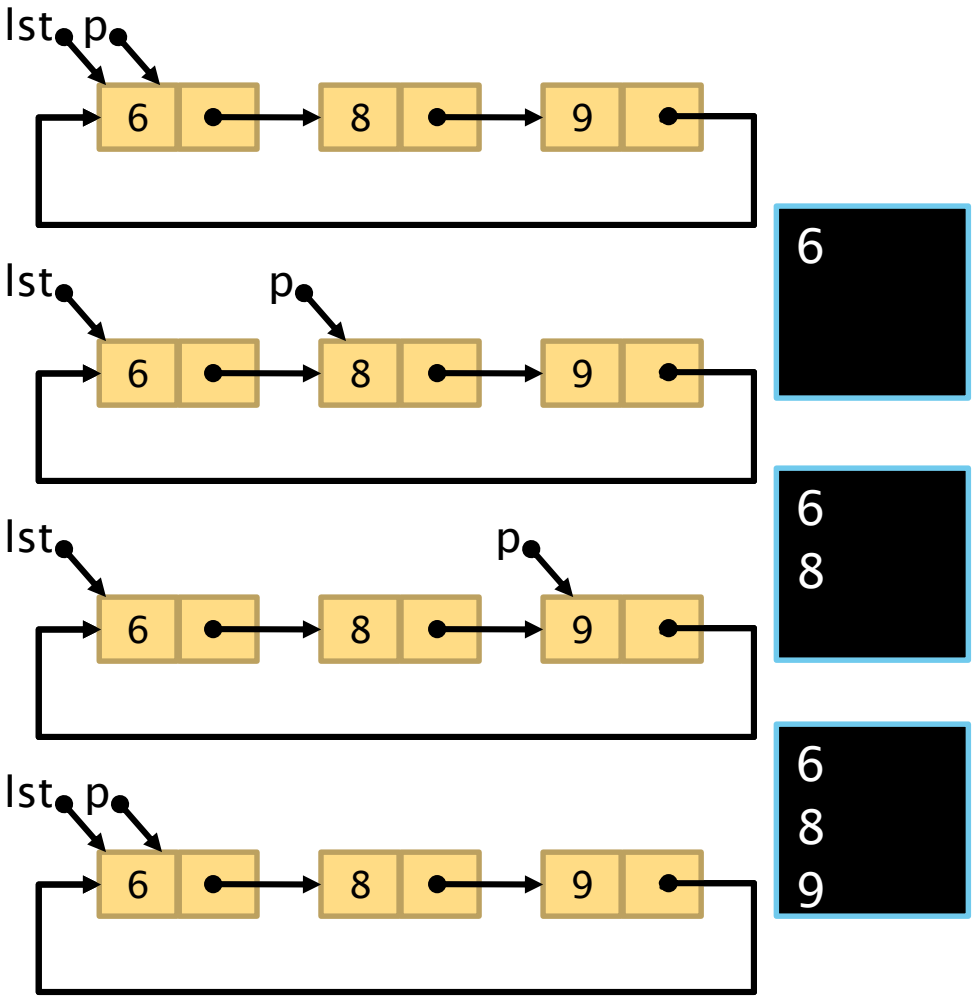
- o último elemento tem como próximo o primeiro elemento da lista, formando um ciclo
- a lista pode ser representada por um ponteiro para um elemento inicial qualquer da lista



Lista circular - Imprime

visita todos os elementos a partir do ponteiro do elemento inicial até alcançar novamente esse mesmo elemento

- se a lista é vazia, o ponteiro para um elemento inicial é NULL



Lista circular - Imprime

visita todos os elementos a partir do ponteiro do elemento inicial até alcançar novamente esse mesmo elemento

se a lista é vazia, o ponteiro para um elemento inicial é NULL

```
/* função imprime: imprime valores dos elementos */
void lcirc_imprime (Lista* lst)
{
   Lista* p = lst;         /* faz p apontar para o nó inicial */
   /* testa se lista não é vazia e então percorre com do-while */
   if (p) do {
      printf("%d\n", p->info);   /* imprime informação do nó */
      p = p->prox;               /* avança para o próximo nó */
   } while (p != lst);
}
```

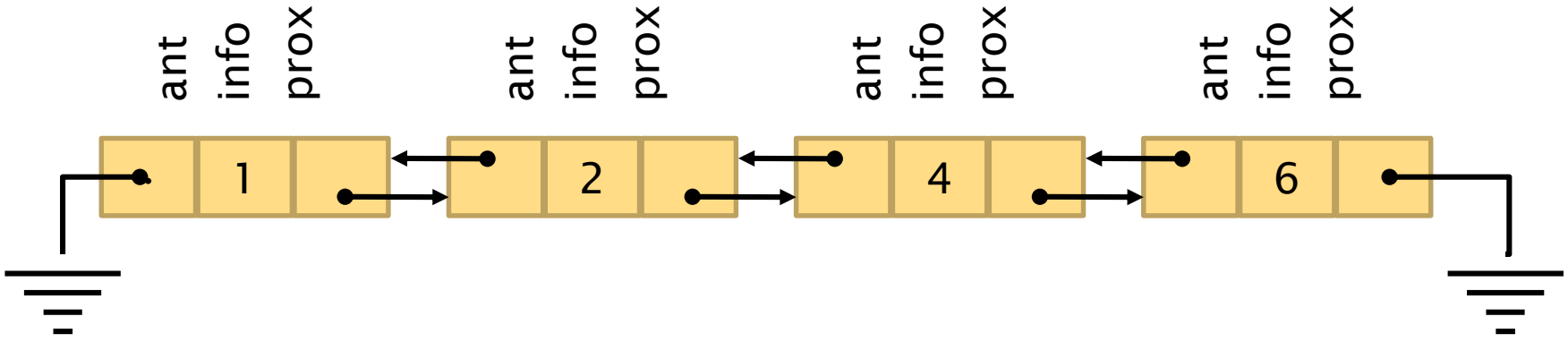
Lista duplamente encadeada

Lista duplamente encadeada

cada elemento tem um ponteiro para o próximo elemento e um ponteiro para o elemento anterior

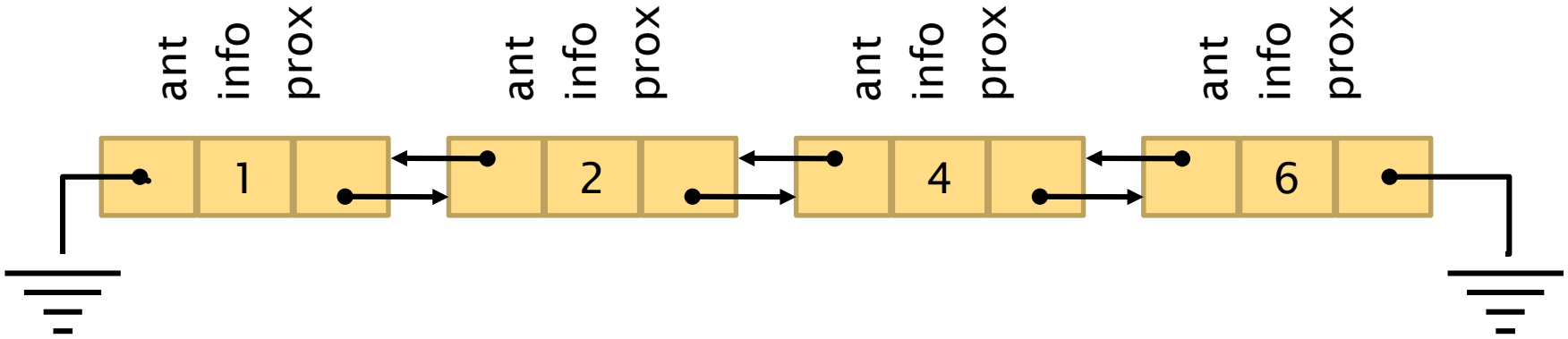
dado um elemento, é possível acessar o próximo e o anterior

dado um ponteiro para o último elemento da lista,
é possível percorrer a lista em ordem inversa



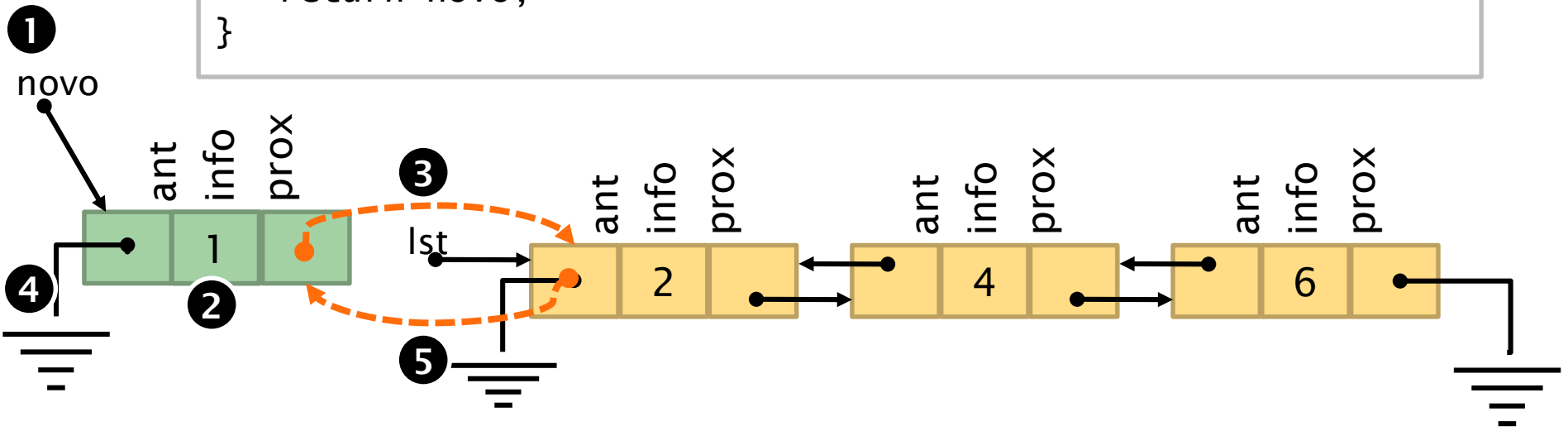
Lista duplamente encadeada – Exemplo

```
struct lista2 {
   int info;
   struct lista2* ant;
   struct lista2* prox;
};
typedef struct lista2 Lista2;
```



Lista duplamente encadeada – Inserção no início da lista

```
/* inserção no início: retorna a lista atualizada */
Lista2* lst2_insere (Lista2* lst, int val)
{
   Lista2* novo = (Lista2*) malloc(sizeof(Lista2));
   novo->info = val;
   novo->prox = lst;
   novo->ant = NULL;
   /* verifica se lista não estava vazia */
   if (lst != NULL)
      lst->ant = novo;
   return novo;
}
```



Lista duplamente encadeada – Busca elemento

recebe a informação referente ao elemento a pesquisar

retorna o ponteiro do nó da lista que representa o elemento, ou NULL, caso o elemento não seja encontrado na lista

implementação idêntica à lista encadeada (simples)

```
/* função busca: busca um elemento na lista */
Lista2* lst2_busca (Lista2* lst, int val)
{
   Lista2* p;
   for (p=lst; p!=NULL; p=p->prox)
      if (p->info == val)
         return p;
   return NULL;        /* não achou o elemento */
}
```

Lista duplamente encadeada – Retira elemento

`p` aponta para o elemento a retirar

se `p` aponta para um elemento no meio da lista:

- 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` aponta para o último elemento

- não é possível escrever `p->prox->ant`, `pois p->prox` é `NULL`

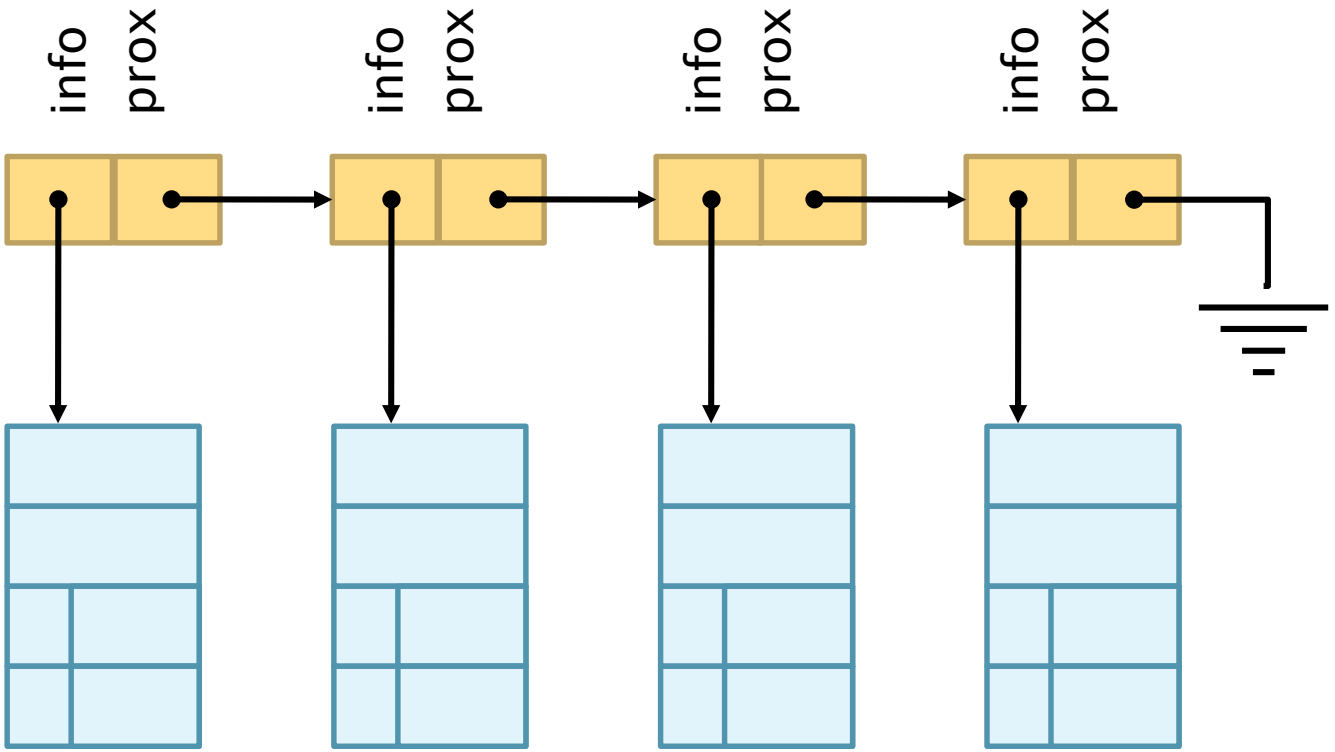
se `p` aponta para o primeiro elemento

- não é possível escrever `p->ant->prox`, pois `p->ant` é `NULL`
- é necessário atualizar o valor da lista, pois o primeiro elemento pode ser removido

```c
/* função retira: remove elemento da lista */
Lista2* lst2_retira (Lista2* lst, int val)
{
   Lista2* p = busca(lst,val);         /* busca elemento */

   if (p == NULL)
     return lst;  /* não achou: retorna lista inalterada */

   /* retira elemento (apontado por p) do encadeamento   */
   if (lst == p)       /* testa se é o primeiro elemento */
      lst = 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 lst;
}
```

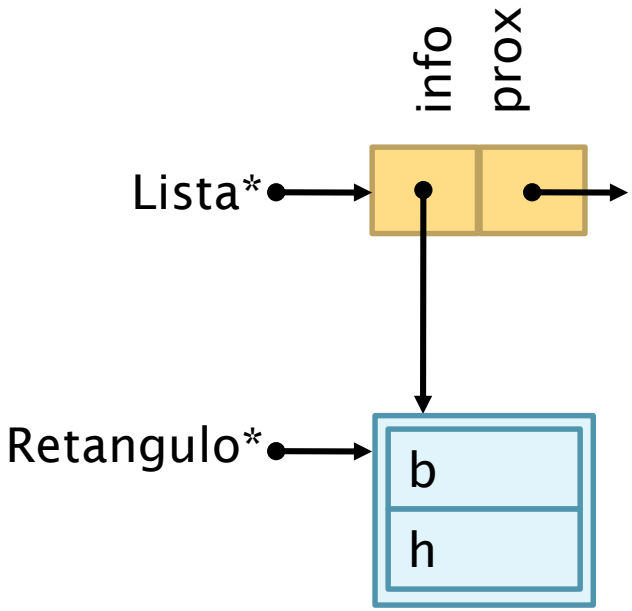
Lista de ponteiros para estruturas

Lista de ponteiros para tipos estruturados



Exemplo – Lista de retângulos

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

struct lista {
   Retangulo* info;
   struct lista *prox;
};
typedef struct lista Lista;
```

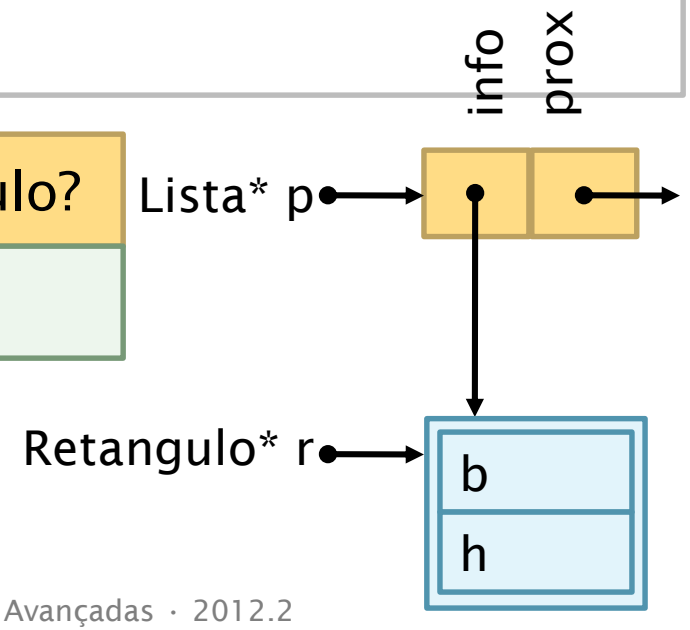


Exemplo – Lista de retângulos - Alocação

```
static Lista* aloca (float b, float h)
{
   Retangulo* r = (Retangulo*)malloc(sizeof(Retangulo));
   Lista* p = (Lista*) malloc(sizeof(Lista));
   r->b = b;
   r->h = h;
   p->info = r;
   p->prox = NULL;
   return p;
}
```

Dado p, como acessar a altura do retângulo?

p->info->h



Lista heterogênea

Lista heterogênea

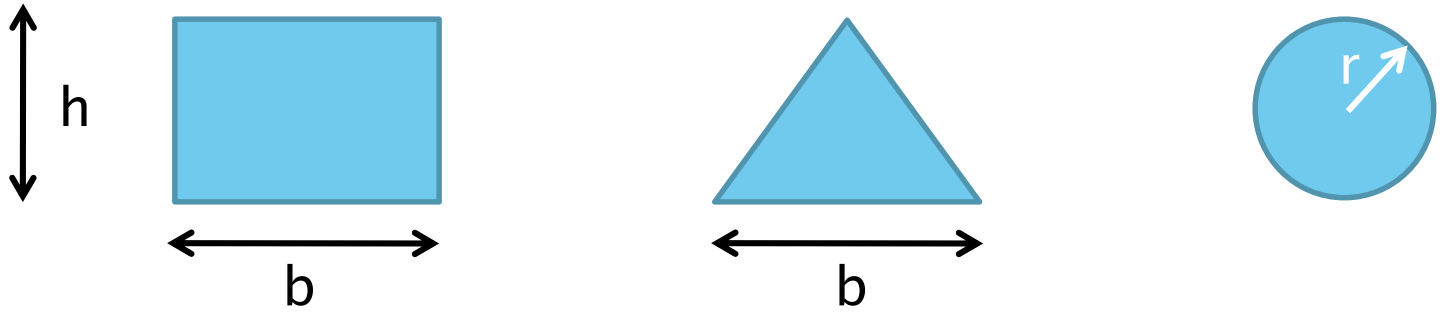
Cada nó pode possuir informações de um tipo diferente.

Exemplo: lista de formas geométricas

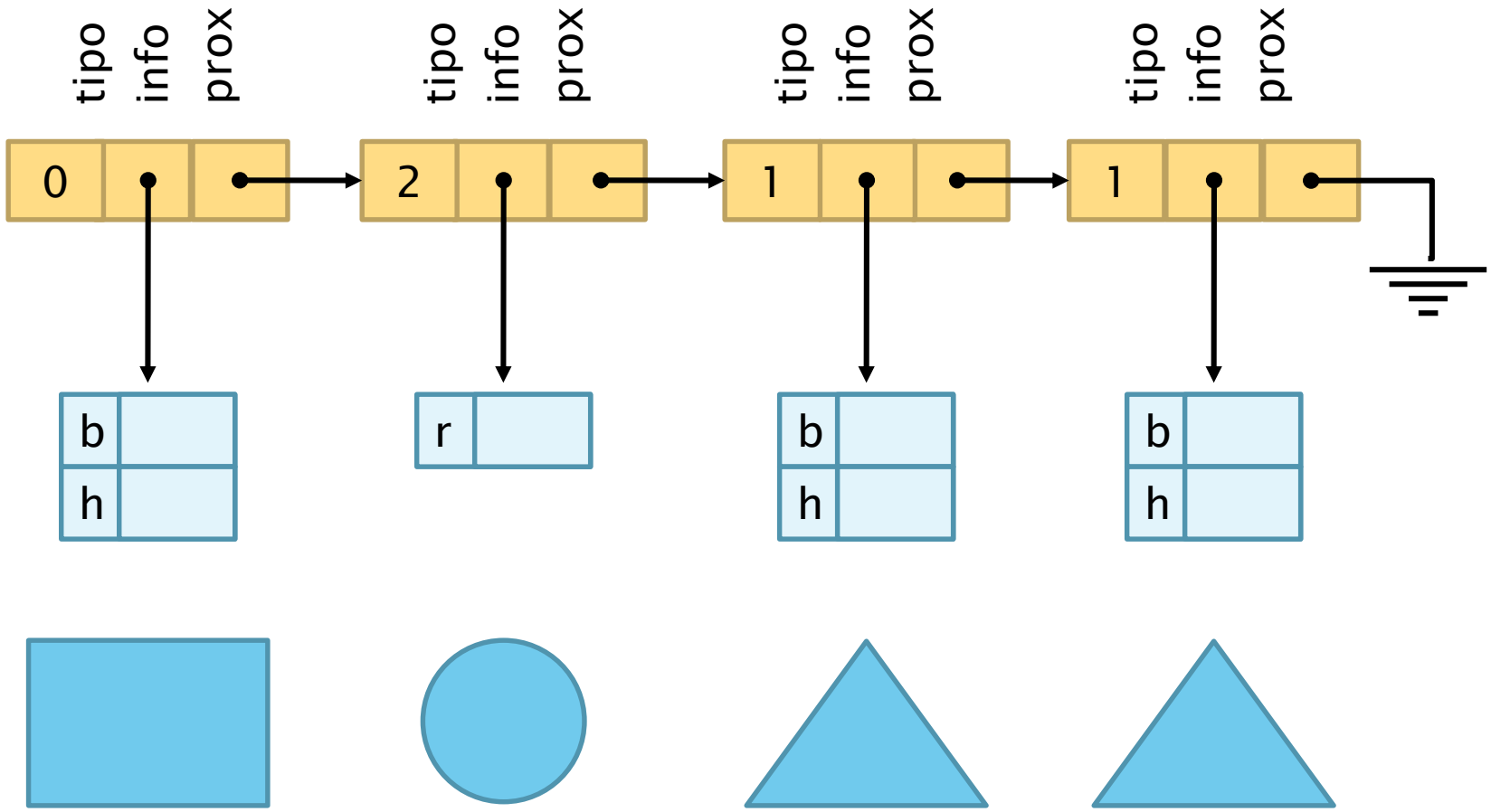
um elemento pode ser retângulo, triângulo ou círculo

as áreas desses objetos são:

$$a_r = b * h \qquad a_t = \frac{b * h}{2} \qquad a_c = \pi\, r^2$$



Lista homogênea de objetos heterogêneos



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

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;

/* Definição do nó da estrutura */
struct lista_het {
   int     tipo;
   void   *info;
   struct lista_het *prox;
};
typedef struct listahet ListaHet;
```

Exemplo: Lista de formas geométricas - Função para a criação de um nó de retângulo

```
/* Cria um nó com um retângulo */
ListaHet* cria_ret (float b, float h)
{
   Retangulo* r;
   ListaHet* p;
   /* aloca retângulo */
   r = (Retangulo*) malloc(sizeof(Retangulo));
   r->b = b; r->h = h;

   /* aloca nó */
   p = (ListaHet*) malloc(sizeof(ListaHet));
   p->tipo = RET;
   p->info = r;
   p->prox = NULL;

   return p;
}
```

A função para a criação de um nó possui três variações, uma para cada tipo de objeto:

```
cria_ret(float b, float h);
cria_tri(float b, float h);
cria_circ(float r);
```

Exemplo – Função para calcular a maior área (funções auxiliares)

```
/* 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;
}
```

Exemplo – Função para calcular a maior área (funções auxiliares)

```
/* função para cálculo da área do nó (versão 2) */
static float area (ListaHet* p)
{
   float a;
   switch (p->tipo) {
      case RET:
         a = ret_area((Retangulo*)p->info);
      break;
      case TRI:
         a = tri_area((Triangulo*)p->info);
      break;
      case CIR:
         a = cir_area((Circulo*)p->info);
      break;
   }
   return a;
}
```

conversão de tipo

conversão de tipo

conversão de tipo

Resumo

Motivação

Listas encadeadas

- Implementações recursivas

Listas circulares

Listas duplamente encadeadas

Listas de (ponteiros para) tipos estruturados