Princípios de Desenvolvimento de Algoritmos MAC122

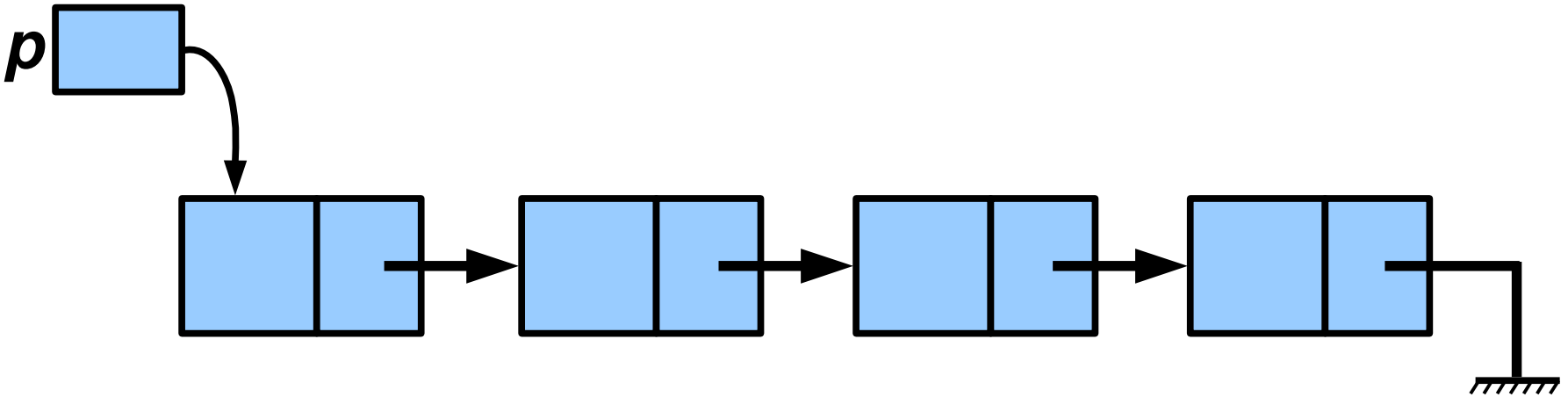
Prof. Dr. Paulo Miranda
IME-USP

Listas ligadas

Listas ligadas simples

- Definição típica da estrutura utilizada.

```
struct Reg{
  int           dado;
  struct Reg *prox;   /* Apontador para
                         o próximo registro
                         da lista. */
};
```



Listas ligadas simples

- Procedimento para inserção de dados.

```
struct Reg *AlocaNoLista(){
  struct Reg *q;
  q = (struct Reg*)malloc(sizeof(struct Reg));
  if (q == NULL)
    exit(1);
  return q;
}


/*O parâmetro p deve apontar para o nó que
  precede o nó a ser inserido. */

void InsereAposLista(struct Reg *p, int x){
  struct Reg *q;

  q = AlocaNoLista();
  q->dado = x;
  q->prox = p->prox;
  p->prox = q;
}
```

Listas ligadas simples

- Procedimento para remoção de dados.

```
/* O parâmetro p deve apontar para o nó que
   precede o nó a ser removido. */

void RemoveAposLista(struct Reg *p){
  struct Reg *q;

  q = p->prox;
  if (q != NULL) {
    p->prox = q->prox;
    free(q);
  }
}
```

Listas ligadas simples

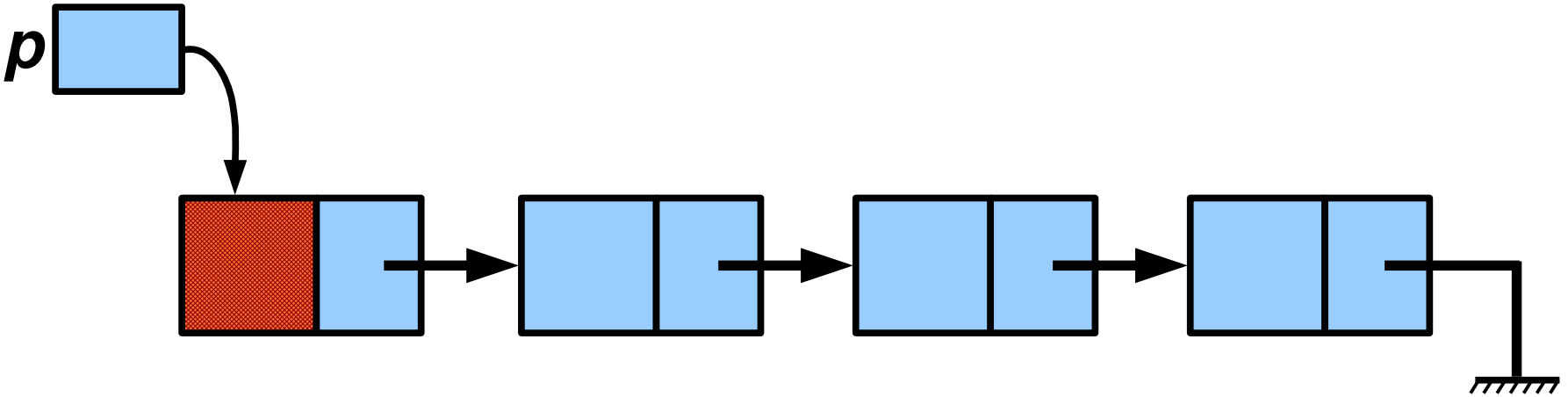
- Procedimento para remoção de dados.

```
/* O parâmetro p deve apontar para o nó que
   precede o nó a ser removido. */

void RemoveAposLista(struct Reg *p){
  struct Reg *q;

  q = p->prox;
  if (q != NULL) {
    p->prox = q->prox;
    free(q);
  }
}
```

- **Problema:**
  - Os procedimentos não funcionam para o caso em que deseja-se fazer a operação no início da lista.

Listas ligadas simples

- Solução #1:
  - Adotar um primeiro nó virtual, denominado *nó-cabeça.*



Listas ligadas simples

- Solução #1:
  - Adotar um primeiro nó virtual, denominado *nó-cabeça.*

```
struct Reg *CriaNoCabeca(){
  struct Reg *p;
  p = AlocaNoLista();
  p->dado = -1;       /* valor diferenciado. */
  p->prox = NULL;
  return p;
}
```

Listas ligadas simples

- Solução #2: (sem uso de nó-cabeça)
  - Reformular código usando ponteiro duplo (apontador para apontador).
    - A inserção no início se dá passando em **p** o endereço do apontador para o início da lista.
    - Já a inserção após um nó arbitrário apontado por **r**, é possível usando **p = &(r->prox);**

```
void InsereLista(struct Reg **p, int x){
  struct Reg *q;
  struct Reg *t;

  t = *p;
  q = AlocaNoLista();
  q->dado = x;
  q->prox = t;
  *p = q;
}
```

Listas ligadas simples

- Solução #2: (sem uso de nó-cabeça)
  - Reformular código usando ponteiro duplo (apontador para apontador).
    - A inserção no início se dá passando em **p** o endereço do apontador para o início da lista.
    - Já a inserção após um nó arbitrário apontado por **r**, é possível usando **p = &(r->prox);**

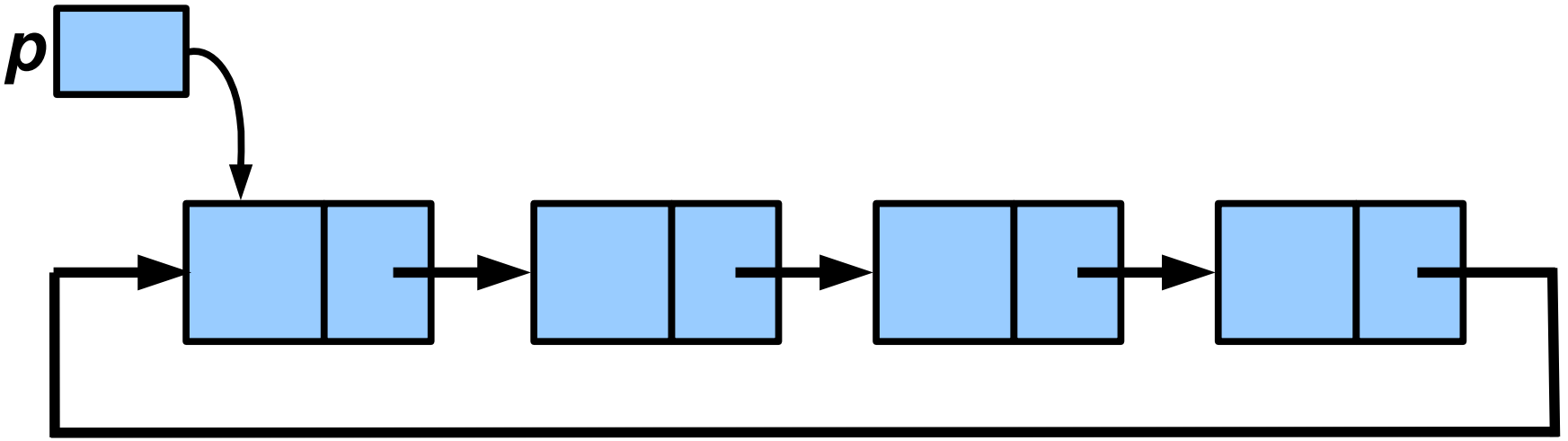
```
void RemoveLista(struct Reg **p){
  struct Reg *t;

  t = *p;
  if (t != NULL) {
    *p = t->prox;
    free(t);
  }
}
```

Listas ligadas simples

- Exemplo de função que percorre a lista.

```
void ImprimeLista(struct Reg *p){
  struct Reg *q;

  q = p; /* ou q = p->prox; (pular nó-cabeça).*/
  if (q == NULL) {
    printf("Lista vazia\n");
    return;
  }

  while (q != NULL) {
    printf(" %2d", q->dado);
    q = q->prox;
  }
  printf("\n");
}
```

Listas circulares



- No caso de listas circulares (não vazias), para todo nó sempre existe um nó anterior.
- Logo podemos usar sempre as funções 'InsereApos' e 'RemoveApos', mesmo sem necessidade de nó-cabeça.

Listas circulares

- Procedimento para inserção de dados.

```
void InsereAposCircular(struct Reg **p, int x){
  struct Reg *q;
  struct Reg *t;

  q = AlocaNoLista();
  q->dado = x;
  t = *p;
  if (t == NULL) { /* para tratar lista vazia. */
    q->prox = q;
    *p = q;
  }
  else {
    q->prox = t->prox;
    t->prox = q;
  }
}
```

Listas circulares

- Procedimento para remoção de dados.

```
/* *p deve apontar para o nó que
   precede o nó a ser removido. */

void RemoveAposCircular(struct Reg **p){
  struct Reg *q;
  struct Reg *t;
  t = *p;
  if (t == NULL) return;
  q = t->prox;
  if (q == t)
    *p = NULL;
  else
    t->prox = q->prox;
  free(q);
}
```

Listas circulares

- Exemplo de função que percorre a lista.

```
void ImprimeCircular(struct Reg *p){
  struct Reg *q;

  if (p == NULL) {
    printf("Lista vazia\n");
    return;
  }
  q = p;
  do{
    printf(" %2d", q->dado);
    q = q->prox;
  } while (q != p);
  printf("\n");
}
```

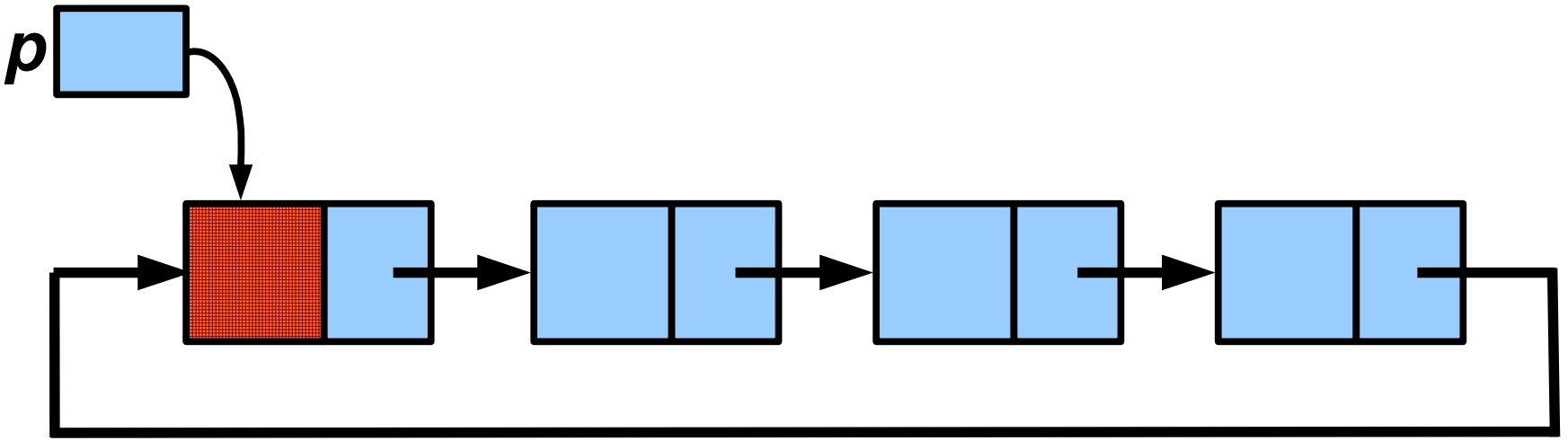
Listas circulares

- Função de busca em uma lista circular.

```
struct Reg * BuscaCircular(struct Reg *p, int x){
  struct Reg *q;

  if (p == NULL)
    return NULL;

  q = p;
  do{
    if (q->dado == x)
      return q;

    q = q->prox;
  } while (q != p);

  return NULL;
}
```

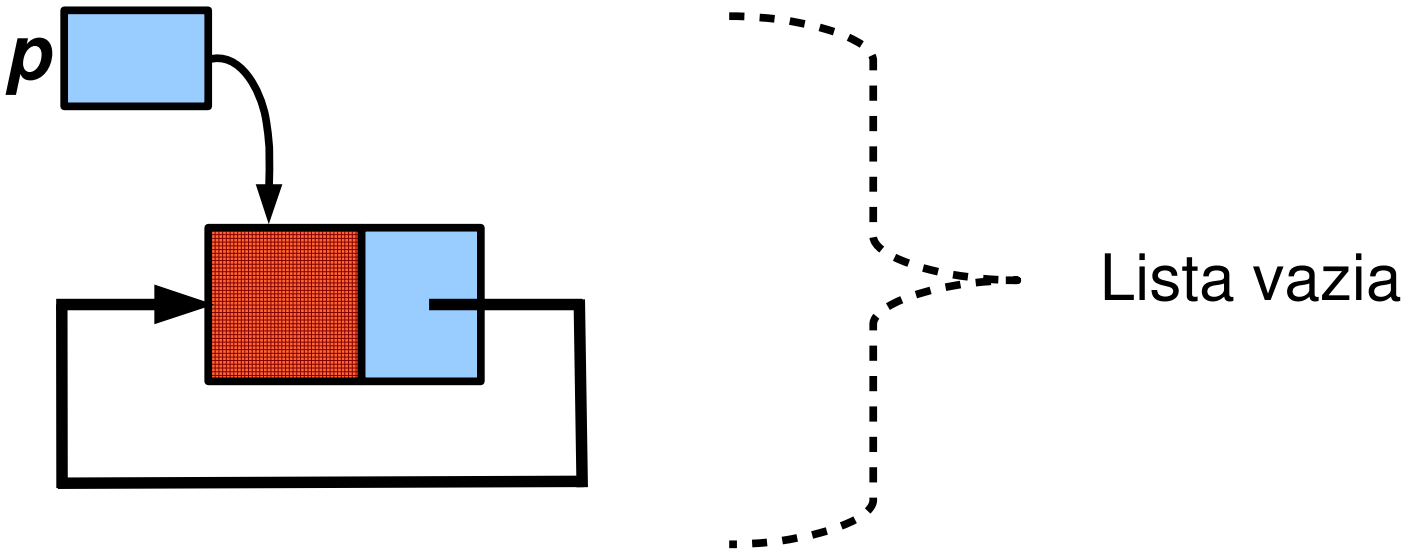
Listas circulares

- A representação anterior adotava valor **NULL** para listas vazias.
- Nos códigos de inserção e remoção, um ponteiro duplo foi usado exclusivamente para tratar listas vazias.
- Este fato está refletido numa certa complicação aparente nos procedimentos anteriores.
- Uma maneira de simplificar os códigos é introduzir, também neste caso, um nó-cabeça:



Listas circulares

- A representação anterior adotava valor **NULL** para listas vazias.
- Nos códigos de inserção e remoção, um ponteiro duplo foi usado exclusivamente para tratar listas vazias.
- Este fato está refletido numa certa complicação aparente nos procedimentos anteriores.
- Uma maneira de simplificar os códigos é introduzir, também neste caso, um nó-cabeça:



Listas circulares

- A representação anterior adotava valor **NULL** para listas vazias.
- Nos códigos de inserção e remoção, um ponteiro duplo foi usado exclusivamente para tratar listas vazias.
- Este fato está refletido numa certa complicação aparente nos procedimentos anteriores.
- Uma maneira de simplificar os códigos é introduzir, também neste caso, um nó-cabeça:

```
struct Reg * CriaNoCabecaCircular(){
  struct Reg *p;

  p = AlocaNoLista();
  p->dado = -1;
  p->prox = p;
  return p;
}
```

Listas circulares

- Funções de inserção e remoção com nó-cabeça.

```
void InsereAposCircular(struct Reg *p, int x){
  struct Reg *q;
  q = AlocaNoLista();
  q->dado = x;
  q->prox = p->prox;
  p->prox = q;
}

/* Tomar cuidado para não remover o nó-cabeça! */
void RemoveAposCircular(struct Reg *p){
  struct Reg *q;

  q = p->prox;
  if (q != p) {
    p->prox = q->prox;
    free(q);
  }
}
```

Listas circulares

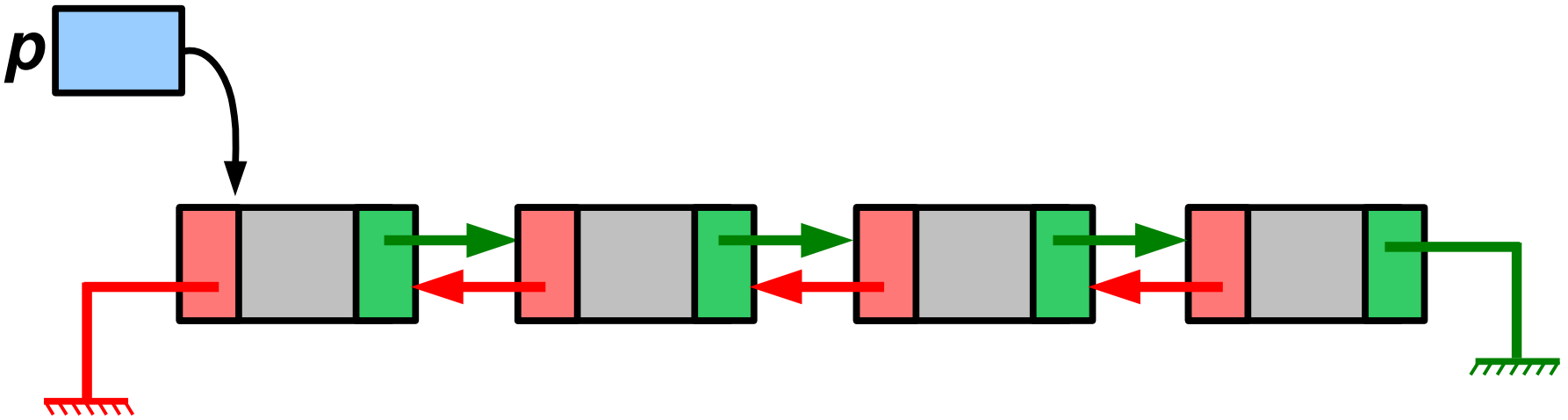
- Função de busca com sentinela em uma lista circular.

```
/* O parâmetro p deve apontar para o nó-cabeça.
   A função devolve o apontador para o primeiro
   nó que contém o dado x. */

struct Reg * BuscaCircular(struct Reg *p, int x){
  struct Reg *q;

  p->dado = x;
  q = p;

  do {
    q = q->prox;
  } while (q->dado != x);

  p->dado = -1;
  if (q == p)
    return NULL;
  else
    return q;
}
```

Listas duplamente ligadas

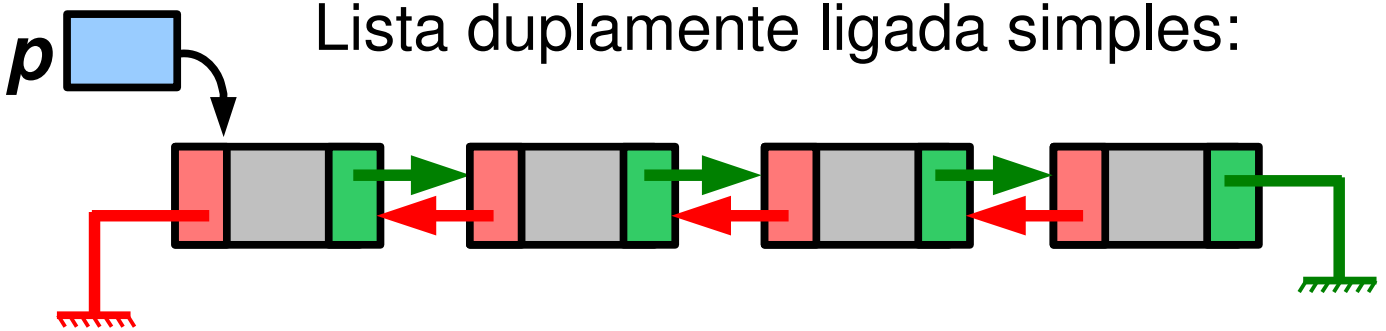
- Definição típica da estrutura utilizada.

```
typedef int TipoDado;

typedef struct _RegDupla{
  struct _RegDupla *esq;
  TipoDado          dado;
  struct _RegDupla *dir;
} RegDupla;

typedef RegDupla* ListaDupla;

/* 'ListaDupla' é um tipo abstrato que
   esta sendo implementado. */
```

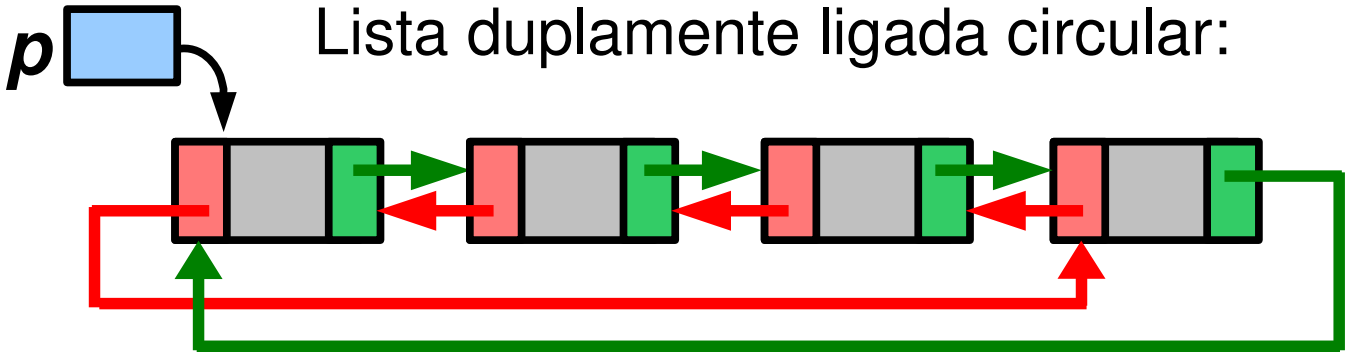


Listas duplamente ligadas

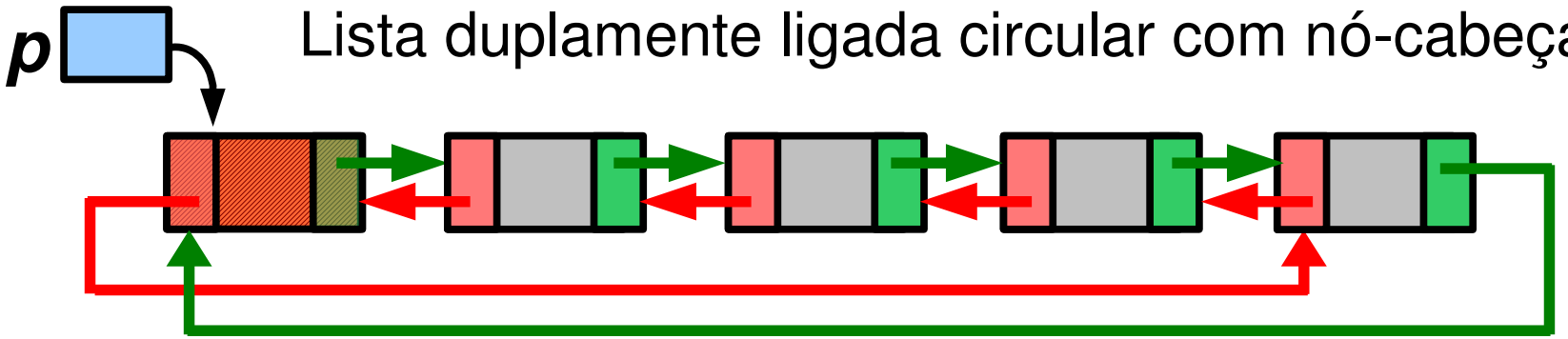
Lista duplamente ligada simples:



Lista duplamente ligada circular:



Lista duplamente ligada circular com nó-cabeça:



Por simplicidade, vamos mostrar apenas o último caso.

Listas duplamente ligadas

- Criação do nó-cabeça.

```
RegDupla* AlocaRegDupla(){
  RegDupla* q;
  q = (RegDupla*)calloc(1, sizeof(RegDupla));
  if(q==NULL) exit(-1);
  return q;
}


ListaDupla CriaNoCabecaDupla(){
  RegDupla* p;
  p = AlocaRegDupla();
  p->dado = -1;
  p->esq = p;
  p->dir = p;
  return p;
}
```

Listas duplamente ligadas

- Funções que percorrem a lista.

```
void ImprimeListaDuplaCircular(ListaDupla p){
  RegDupla *q;
  q = p;
  do{
    ImprimeElemento(q->dado);
    q = q->dir;
  }while(q!=p);
  printf("\n");
}

void ImprimeListaDuplaCircularReversa(ListaDupla p){
  RegDupla *q;
  q = p;
  do{
    ImprimeElemento(q->dado);
    q = q->esq;
  }while(q!=p);
  printf("\n");
}
```

Listas duplamente ligadas

- Funções de inserção e remoção com nó-cabeça.

```
/* Insere após o nó apontado por p. */
void InsereDuplaCircular(ListaDupla p, TipoDado x){
  RegDupla *q;
  q = AlocaRegDupla();
  q->dado = x;
  q->dir = p->dir;
  q->esq = p;
  (p->dir)->esq = q;
  p->dir = q;
}

/*Listas duplamente ligadas permitem a remoção do
  próprio nó passado como argumento.
  Cuidado para não remover nó-cabeça! */
void RemoveDuplaCircular(ListaDupla p){
  (p->esq)->dir = p->dir;
  (p->dir)->esq = p->esq;
  free(p);
}
```

Exemplos

- Manipulação de polinômios de grau $n \geq 0$.
  - $P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \ldots + a_1 x^1 + a_0 x^0$
- A solução a seguir usa listas circulares com nó-cabeça, a fim de utilizar a técnica de sentinelas. Supusemos:
  - **a)** que cada nó representa um termo com coeficiente não nulo;
  - **b)** Os termos estão em ordem decrescente dos expoentes;
  - **c)** O nó-cabeça tem expoente -1 (conveniente para as operações).

Exemplos: polinômios

- Definição típica da estrutura utilizada.

```
typedef struct _Termo{
  float          coef;
  int            expo;
  struct _Termo *prox;
} Termo;


typedef Termo* Polinomio;

/*'Polinomio' é um tipo abstrato que esta
  sendo implementado. */
```

Exemplos: polinômios

- Criando polinômio nulo.

```
Termo* AlocaTermo(){
  Termo* q;
  q = (Termo*)calloc(1, sizeof(Termo));
  if(q==NULL) exit(-1);
  return q;
}


Polinomio CriaPolinomioNulo(){
  Termo* p;
  p = AlocaTermo();
  p->expo = -1;
  p->coef = 0.0;
  p->prox = p;
  return p;
}
```

Exemplos: polinômios

- Inserindo novo termo no polinômio.

```
void InsereTermo(Polinomio p,
                 float coef,
                 int expo){
  Termo *q,*aq,*x;

  x = AlocaTermo();
  x->coef = coef;
  x->expo = expo;

  aq = p;
  q = p->prox;
  while(q->expo > expo){
    aq = q;
    q = q->prox;
  }
  x->prox  = q;
  aq->prox = x;
}
```

Exemplos: polinômios

- Criando novo polinômio a partir de uma expressão **(string)**.

```
/* Lê strings como: “5.0*x^4 + 7.5*x^2 + 3.0*x^1” */
Polinomio CriaPolinomio(char *expr){
  Termo* p;
  float  coef;
  int    expo,r,n,nn=0;

  p = CriaPolinomioNulo();
  do{
    r = sscanf(expr+nn," %f * x ^ %d%n",&coef,&expo,&n);
    if(r==EOF || r==0) break;
    nn += n;

    InsereTermo(p, coef, expo);

    r = sscanf(expr+nn," + %n",&n);
    if(r==EOF) break;
    nn += n;
  }while(1);
  return p;
}
```

Exemplos: polinômios

- Exemplo de função que imprime o polinômio.

```
void ImprimeTermo(Termo *q){
  printf("%f*x^%d",q->coef,q->expo);
}

void ImprimePolinomio(Polinomio p){
  Termo *q;

  q = p->prox;
  if(q==p) return;

  ImprimeTermo(q);
  q = q->prox;

  while(q!=p){
    printf(" + ");
    ImprimeTermo(q);
    q = q->prox;
  }
  printf("\n");
}
```

Exemplos: polinômios

- Exemplo de função que soma dois polinômios:
  - Ela percorre simultaneamente as duas listas,
  - somando os termos com expoentes iguais e
  - copiando de modo intercalado aqueles que não tem correspondente no outro.

Exemplos: polinômios

```
Polinomio SomaPolinomios(Polinomio p,
                         Polinomio q){
  Polinomio r;
  Termo *pp,*qq,*rr;
  int ep,eq;
  float cf;

  r = CriaPolinomioNulo();
  pp = p->prox;
  qq = q->prox;
  rr = r;
  do{
    ep = pp->expo;
    eq = qq->expo;
    if(ep>eq){
      InsereTermo(rr, pp->coef, ep);
      pp = pp->prox;
      rr = rr->prox;
    }
    else if(ep<eq){
      InsereTermo(rr, qq->coef, eq);
      qq = qq->prox;
      rr = rr->prox;
    }
    else if(ep>-1){ /* eq==ep */
      cf = pp->coef + qq->coef;
      if(cf!=0.0){
        InsereTermo(rr, cf, ep);
        rr = rr->prox;
      }
      pp = pp->prox;
      qq = qq->prox;
    }

  }while((ep>-1)||(eq>-1));

  return r;
}
```