Listas:

a última das 3 estruturas lineares (Pilhas, Filas e Listas)

... árvores e grafos são não lineares!

14/9/2010

Conceitos,

todas as variações para listas: ordenadas, com nó cabeça, duplamente encadeadas, circulares

e exemplos de aplicações

O que aprendemos até aqui?

1. Conceito de tipos abstratos de dados – TADs

2. Técnicas para armazenamento de um conjunto de elementos na memória: **representação** seqüencial ou encadeada, e **implementação** estática ou dinâmica

3. O que é, para que serve, e como funciona uma estrutura **Pilha** e uma estrutura **Fila**

4. Como implementar pilhas e filas como TADs, segundo as técnicas de rep/imp acima citadas, com ênfase em SEQ/EST e ENC/DIN

5. Como utilizar TADs em programas de clientes sem conhecer os detalhes de implementação

Lista Linear

Uma lista linear é um conjunto de elementos ou uma seqüência de zero ou mais elementos x1, x2, ..., xn na qual xi é de um determinado tipo e n é o tamanho da lista.

- Sua principal propriedade estrutural envolve as posições relativas dos itens em uma dimensão:
  - Cada elemento tem um único predecessor e um único sucessor, exceto o primeiro (não tem predecessor) e o último (não tem sucessor).

Ex.: Listas de nomes de alunos aproados no vestibular, de peças, de valores de salários, de notas de alunos de uma turma, de compras, etc.

TAD lista

- Não há concordância sobre suas operações básicas, mas operações típicas seriam:
  - **Definir(L):** criar uma lista vazia.
  - **Esvaziar(L):** tornar uma lista L já existente vazia.
  - **Destruir(L):** destruir uma lista L.

  - **Acessar(L,i, x):** consulta o i-ésimo elemento de L.
  - **Inserir(L,i,x):** Insere o elemento x depois do i-ésimo elemento da lista; altera os índices dos próximos elementos.
  - **Remover(L,i,x):** Elimina o i-ésimo elemento da lista; altera os índices dos próximos elementos.

  - **Tamanho(L):** retorna o tamanho da lista L.
  - **Lista_vazia(L)** e **Lista_cheia(L):** checa se L está vazia e checa se L está cheia.
  - **Primeiro(L)** e **Fim(L):** retornam o primeiro e a posição após o último elemento da lista L.
  - **Localizar(L,x):** pesquisa a ocorrência de um item com um dado valor; retorna a posição de x na lista

TAD lista

- As três situações de acessos (inserção, eliminação e acessar) são direcionadas a um elemento específico, e não mais ao “primeiro” (ou último) a entrar na lista.

- Situações:
  - Cadastro de funcionários por ordem alfabética
  - Lista de passageiros em um vôo
  - Lista de deputados presentes no congresso
  - Telefones da cidade

- Exemplos:
  - “Carla Peres” foi despedida (retire seu nome do cadastro)
  - “Edmundo Animal” é funcionário? Verifique se seu nome consta do cadastro.
  - Qual o salário do funcionário “Pedro Malan”? (consulta)
  - “Sandra Bulloc” foi contratada; inclua-a no cadastro

- Nos exemplos acima, os registros de cada funcionário são (ordenados e) procurados pelo nome. O nome, neste caso, é a chave de busca, ou simplesmente **chave**.

Listas e aplicações

- Diversas necessidades podem ser requeridas por aplicações
  - Determinam: (a) como será a lista e (2) quais as operações

- Requisitos para a decisão:
  - Capacidade de armazenamento
  - Velocidade de acesso
  - Facilidade de manipulação

Capacidade de armazenamento

- Escolha entre Implementação Estática e Dinâmica
- **Sequencial Estática:** a lista pode ser percorrida em qualquer direção.
  - A inserção de um novo item pode ser realizada **após o último item** com custo **constante.**
  - A inserção de um novo item no **meio da lista** requer um **deslocamento** de todos os itens localizados após o ponto de inserção.
  - Da mesma forma, retirar um item do **início da lista (ou da posição i)** requer um **deslocamento** de itens para preencher o espaço deixado vazio.
  - Vantagem: a economia de memória, pois os ponteiros são implícitos nesta estrutura.
  - Como desvantagens :
    - o custo para inserir ou retirar itens da lista, pode causar um deslocamento de todos os itens, no pior caso;
    - em aplicações em que não existe previsão sobre o crescimento da lista, a utilização de vetores em linguagens como o Pascal pode ser problemática porque neste caso o tamanho máximo da lista tem que ser definido em tempo de compilação.
    - C já não sofre deste problema pois podemos realocar mais espaço para um vetor dinâmico, via realloc.

Capacidade de armazenamento

- Escolha entre Estática e Dinâmica
- **Encadeada Dinâmica (lista ligada – linked list):** Este tipo de implementação permite utilizar posições não contíguas de memória, sendo possível **inserir e retirar** elementos **sem haver necessidade de deslocar** os itens seguintes da lista.
- O nome *linked list* vem do fato de ponteiros serem chamados de links, sendo que cada ponteiro aponta seu sucessor nesta estrutura.
- Vantagens:
  - A implementação através de ponteiros permite **inserir ou retirar itens do meio** da lista a um **custo constante**, aspecto importante quando a lista tem que ser mantida em ordem.
  - Em aplicações em que não existe previsão sobre o crescimento da lista é conveniente usar listas encadeadas dinâmicas, porque neste caso o tamanho máximo da lista não precisa ser definido a priori.
- Desvantagem:
  - A maior desvantagem deste tipo de implementação é a utilização de memória extra para armazenar os ponteiros.

Capacidade de armazenamento

- Informação a ser armazenada
  - Exemplo: inteiros vs. strings
    - Melhor solução: uma tabela de inteiros e strings, usando-se os inteiros como informação
  - Por exemplo, em uma universidade, pode-se mapear

Inteiro	String
1	Professor
2	Estudante
3	Técnico
...	...

Velocidade de acesso à informação

- Perguntas a serem respondidas
  - Que informação se quer acessar?
  - Com que freqüência se quer acessar a informação?

- Pode determinar
  - Estrutura de dados: listas restritas (pilha, fila) ou genéricas
  - Organização da informação na lista
    - Insere-se elementos no início, no fim ou no meio da lista? Informação ordenada ou não?
    - **Esta última decisão vai afetar o desempenho de algumas operações, pois é necessário inserir ordenadamente, por exemplo, em vez de inserir sempre no início (lista encadeada) ou fim (lista seqüencial).**
  - Número de ponteiros a ser utilizado
    - É interessante manter pelo menos 2: primeiro e último para facilitar operações nas pontas.

Facilidade de manipulação da lista

- Operações a serem efetuadas sobre os dados
  - Organização dos dados
  - Ponteiros
- Perguntas
  - Quais as operações mais freqüentes?
  - Qual o custo computacional de cada operação?

- Dá origem a variações da lista que veremos daqui a pouco

Listas Ordenadas

- **Uma lista pode ser ordenada ou não**

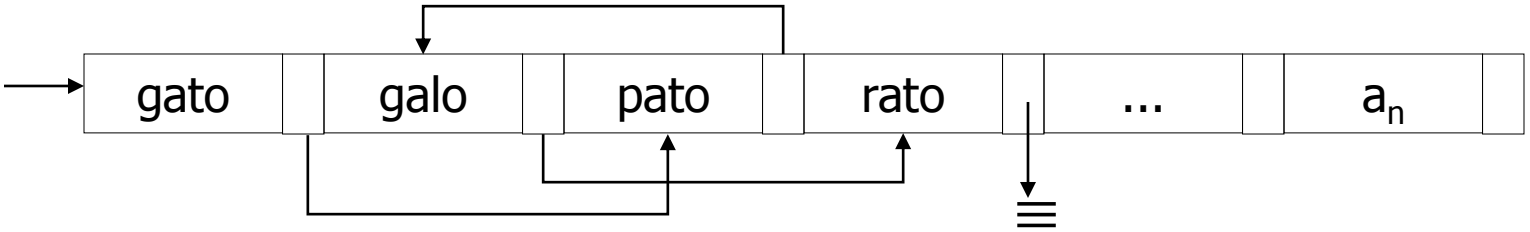
- Este fato vai alterar toda a composição das operações do TAD!

- Vai afetar o desempenho de algumas operações,
  - pois é necessário inserir ordenadamente, por exemplo, em vez de inserir sempre no início (lista encadeada) ou no fim (lista seqüencial).
- Não fizemos isto com Pilha/Fila
  - vejam que o TAD Fila de Prioridade é um outro conceito

Lista estática

- Implementação usando array como seqüência de registros;
  - Consecutiva – lista seqüencial estática.

  - Não consecutiva – lista encadeada estática (não focaremos nesta representação)



Lista estática: 1) encadeada e 2) sequencial

- **Declaração da estrutura**

```
#define TAM ...

typedef char elem;
typedef struct lista Lista;

typedef struct bloco {
    elem item;
    int prox;
} no;

struct lista {
    int ini, primeiro_vazio;
    no itens[TAM];
    int tam;
} ;
```

- **Declaração da estrutura**

```
#define TAM ...

typedef char elem;
typedef struct lista Lista;

struct lista{
    int ini, primeiro_vazio;
    elem itens[TAM];
    int tam;
};
```

TAD LISTA

- Operações em vermelho: adequadas para LISTAS ORDENADAS
- Operações em verde: opcionais; melhoram o entendimento do código
- Outras operações (preto): servem para Listas ordenadas ou não ordenadas.

Um conjunto básico de operações

1. Definir (L)
{ Cria uma lista vazia. Este procedimento deve ser chamado para cada nova lista antes da execução de qualquer operação}

2. Destruir (L)
{Destroi uma lista}

3. Y = Lista_vazia(L)
{ Retorna true se lista vazia, false caso contrário}

4. Y = Lista_cheia(L)
{ Retorna true se lista cheia, false caso contrário}

Y = Fim(L)
{ Retorna a posição **após** o último elemento de uma lista}

5. Tamanho (L)
{ Retorna o tamanho da Lista. Se L vazia retorna 0}

6. Y = Inserir(L; x: tipo_elem; p: posicao)

{ Insere novo elemento na posição p da Lista. Se L = a1, a2,... an então

temos a1, a2,...ap-1 x ap+1 ... an. Se p = Fim(L) temos a1, a2,...an, x

Devolve true se sucesso, false caso contrário (L não tem nenhuma posição p ou Lista cheia)}

Y = Inserir_ord(L; x: tipo_elem)

{ Insere novo elemento de forma a manter a Lista ordenada.

Devolve true se sucesso, false caso contrário }

7. Y = Localizar (L; x: tipo_elem)

{Retorna a posição de x na Lista. Se x ocorre mais de uma vez,

a posição da primeira ocorrência é retornada. Se x não aparece retorna Fim(L). Localizar vai implementar a **busca linear,** pois funciona sempre}

Y = Localizar_ord (L; x: tipo_elem)

{Retorna a posição de x na Lista. Se x não aparece retorna Fim(L).

Localizar_ord vai implementar a **busca binária**}

8. Y = Acessar(L; p: posicao; var x: tipo_elem)

{ Recupera o elemento da posição p da Lista L. Se p = Fim(L) ou não existe posição p válida retorna false, caso contrário retorna true}

9. Y = Remover (L; p: posicao)

{ Remove o elemento na posição p da Lista. Se L = a1, a2,...an então temos a1, a2, ...ap-1, ap+1,... an. Devolve true se sucesso, false caso contrário (L não tem nenhuma posição p ou se p = Fim(L))}

Y= Remover_Ord (L; x: tipo_elem)

{ Remove elemento x de forma a manter a Lista ordenada. Devolve true se sucesso, false caso contrário }

Y = Prox(L; p: posicao)
{Retorna p + 1. Se p é a última posição de L então Prox(p,L) = Fim(L). Prox(p,L) retorna 0 se p = Fim(L)}

Y = Ant(L; p: posicao)
{ Retorna p-1. Ant(p,L) retorna 0 se p = 1}

Y = Primeiro(L)
{ Retorna 1. Se L é vazia retorna 0}

10. Imprimir (L)
{ Imprime os elementos na sua ordem de aparecimento}

Lista Seqüencial Estática

- **Vantagens**:
  - Acesso direto indexado a qualquer elemento da lista
  - Busca pode ser Binária, se Lista Ordenada (decorrência do array) – O(log2(N))
  - Tempo constante (O(1)) para acessar o elemento i - dependerá somente do índice diferente da implementação encadeada que requer O(n)

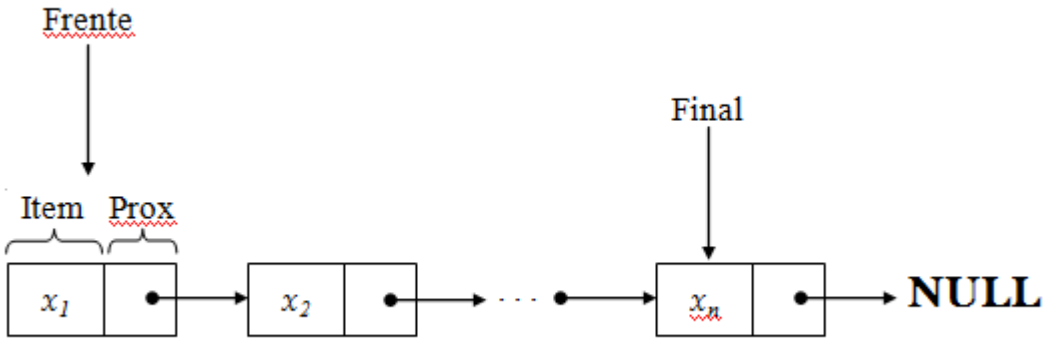
- **Desvantagem**:
  - Como o tamanho máximo é pré-estimado: risco de overflow
  - Movimento de dados na Inserção, se Lista Ordenada, e Eliminação do i-ésimo

- **Quando usar:**
  - Listas pequenas
  - Inserção/remoção no fim da lista
  - Tamanho máximo bem definido pela aplicação

Lista Encadeada Dinâmica

```
typedef char elem;
typedef struct lista Lista;
```

Lista.h



tam 

```
typedef struct bloco {
        elem item;
        struct bloco *prox;
} no;

struct lista {
    no *Frente, *Final;
    int tam;
};
```

Lista.c

Simplificando a Estrutura

A estrutura de lista encadeada é representada pelo ponteiro para seu primeiro elemento (tipo Lista*).

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

typedef struct lista Lista;
```

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

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

```c
int main (void)
{
   Lista* l;           /* declara uma lista não inicializada */
   l = inicializa();   /* inicializa lista como vazia */
   l = insere(l, 23); /* insere na lista o elemento 23 */
   l = insere(l, 45); /* insere na lista o elemento 45 */
   ...
   return 0;
}
```

```c
/* função vazia: retorna 1 se vazia ou 0 se não vazia */
int vazia (Lista* l)
{
   if (l == NULL)
      return 1;
   else
      return 0;
}
```

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

```c
/* função imprime: imprime valores dos elementos */
void imprime (Lista* l)
{
   Lista* p;   /* variável auxiliar para percorrer a lista */
   for (p = l; p != NULL; p = p->prox)
      printf("info = %d\n", p->info);
}
```

```c
/* Função imprime recursiva */
void imprime_rec (Lista* l)
{
   if (vazia(l))
      return;
   /* imprime primeiro elemento */
   printf("info: %d\n",l->info);
   /* imprime sub-lista */
   imprime_rec(l->prox);
}
```

```
void imprime (Lista * l) {

Lista * p;
while (p != NULL) {
   printf("info: %d\n",l->info);
   p = p->prox;
}
}
```

```c
void libera_rec (Lista* l)
{
   if (!vazia(l))
   {
      libera_rec(l->prox);
      free(l);
   }
}
```

```c
void libera (Lista* l)
{
   Lista* p = l;
   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 */
   }
}
```

Façam a função tamanho da lista iterativa e recursiva

Tamanho da Lista

```
/* função tamanho retorna o tamanho da lista */
int tamanho (Lista* l)
{
Lista* p; /* variável auxiliar para percorrer a lista */
int n;

n = 0;
for (p = l; p != NULL; p = p->prox)
    n++;
return n
}

/* função tamanho retorna o tamanho da lista */
int tamanho_rec (Lista* l)
{
If (l == NULL) {
    return 0;
else return tamanho(l->prox) + 1;
}
```

Lista Encadeada Dinâmica

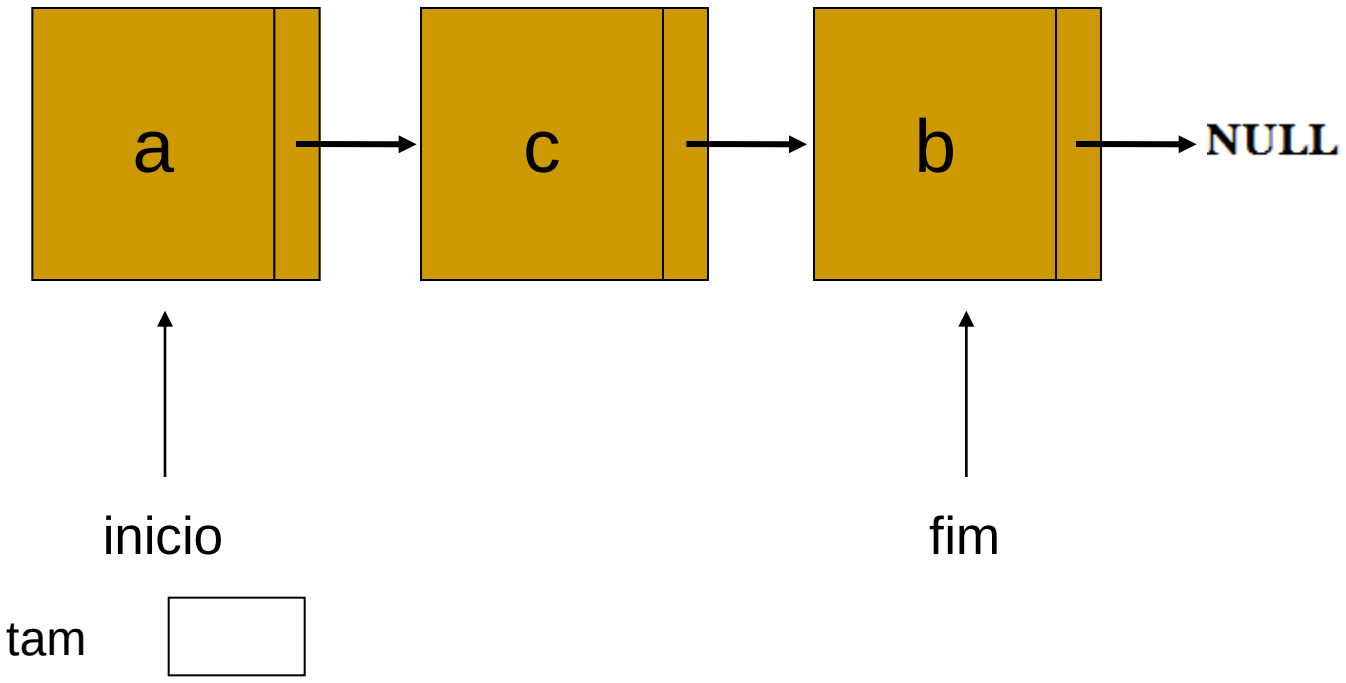
- **Vantagens**:
  - toda memória disponível para o programa durante a execução (*heap*)
  - Movimentação de itens facilitada (inserção e remoção)

- Na lista, cada elemento deve referenciar a posição do seu sucessor: campo de ligação contém endereços reais da memória principal

- **Desvantagem**:
  - Busca em lista ordenada não é mais rápida do que na sequencial (nada de busca binária aqui)

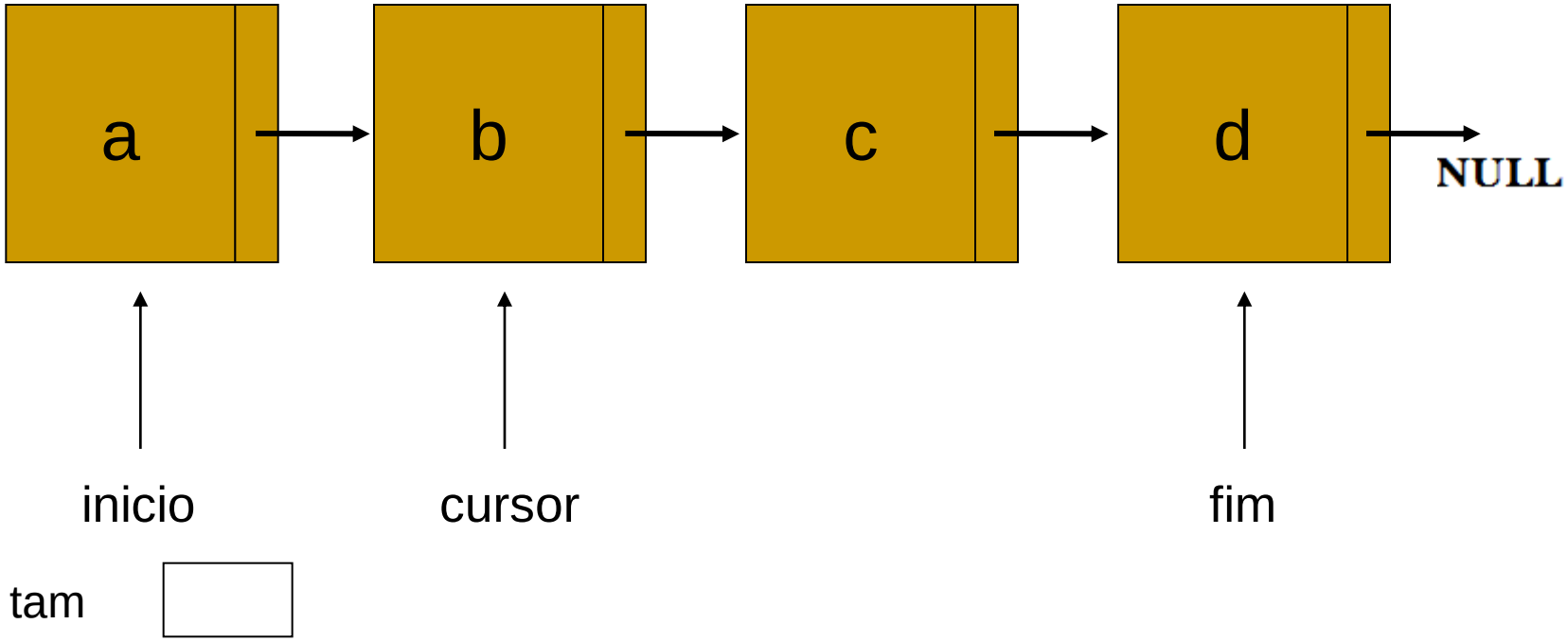
Variações da lista

- Lista encadeada simples e desordenada



Variações da lista

- Lista encadeada simples, ordenada e com ponteiro extra (implementação de um editor)



Variações da lista

- Lista encadeada simples, ordenada e com ponteiro extra

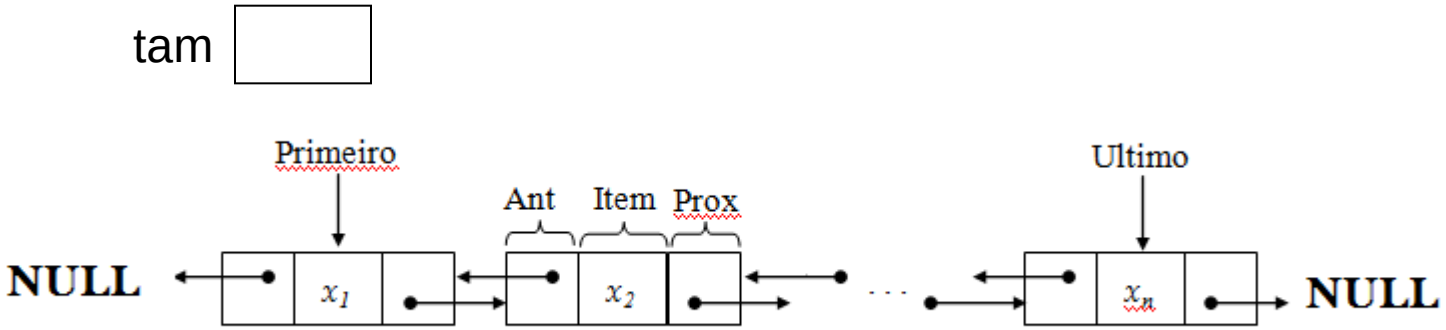
```
typedef struct bloco {
    elem info;
    struct bloco *prox;
} no;

struct lista {
        no *inicio, *fim, *cursor;
        int tam;
};
```

Lista.c

Variações da lista

- Lista duplamente encadeada
  - Facilita navegação



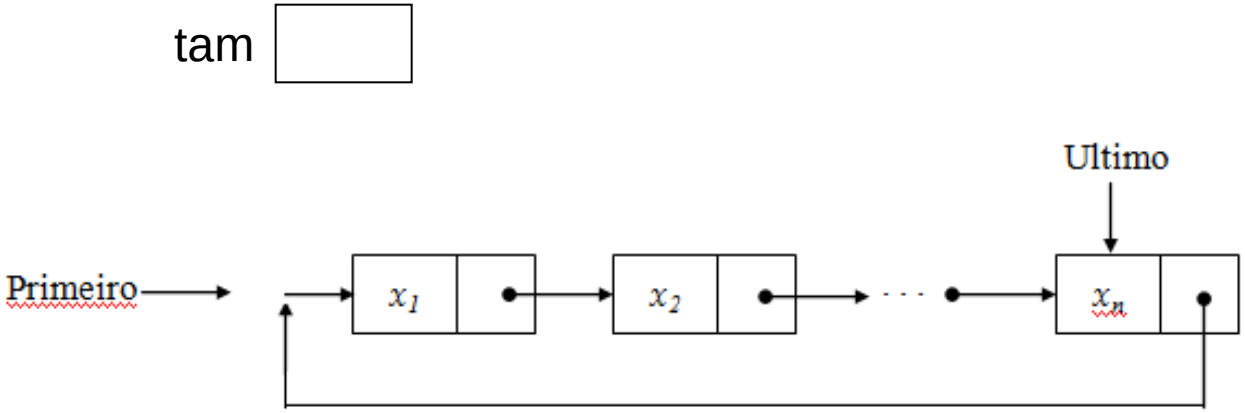

```
typedef struct bloco {
            elem item;
            struct bloco *prox, *ant;
} no;
```

Lista.c

```
struct lista {
        no *Primeiro, *Ultimo;
        int tam;
};
```

Listas Circulares Encadeadas Dinâmicas

- Se o nó prox do último nó apontar para o primeiro, teremos uma lista circular.
- Esta representação elimina o perigo de acessar posição inválida de memória.
- Em listas circulares não temos primeiro nem último naturais. O esquema abaixo é o mais usual.
- Lista vazia: NULL



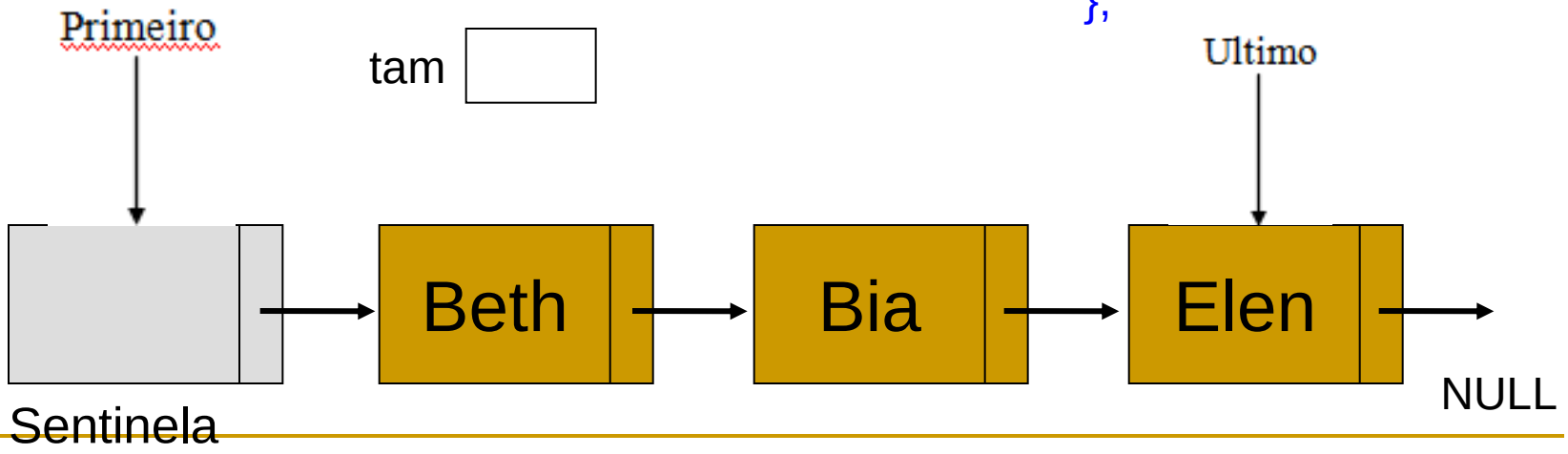
Lista com nó de cabeçalho

```
typedef char elem;
typedef struct lista Lista;
```

- Nó de cabeçalho
  - *Header*, sentinela, nó cabeça, etc.
- Para que? Quais usos????

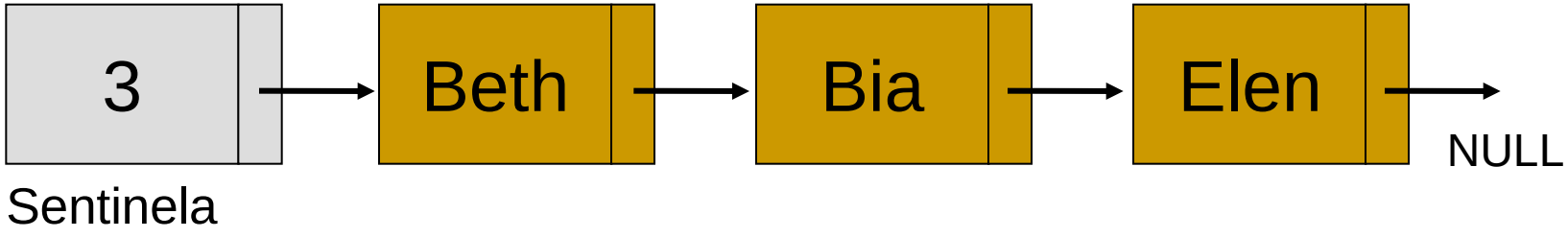
```
typedef struct bloco {
        elem info;
        struct bloco *prox;
} no;

struct lista{
        no *Primeiro, *Ultimo;
        int tam;
};
```



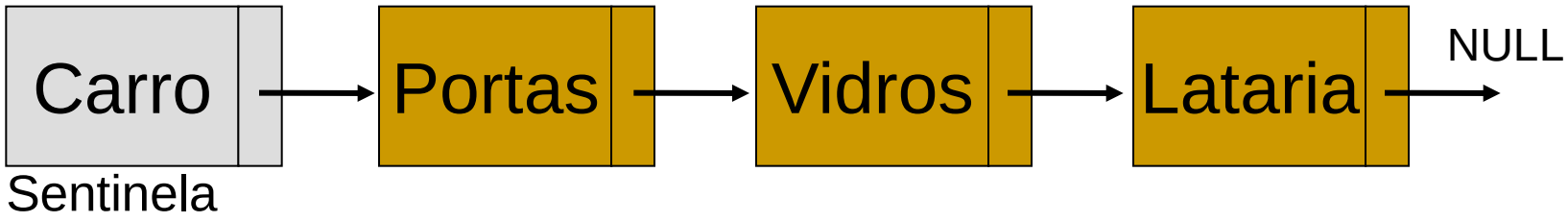
Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Informação global sobre a lista que possa ser necessária na aplicação
    - Armazenar número de elementos da lista, para que não seja necessário atravessá-la contando seus elementos



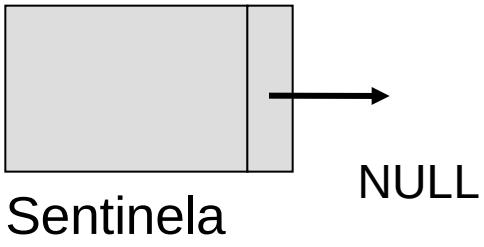
Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Informação global sobre a lista que possa ser necessária na aplicação
    - Em uma fábrica, guarda-se as peças que compõem cada equipamento produzido, sendo este indicado pelo nó sentinela
    - Informações do vôo correspondente a uma fila de passageiros



Lista com nó de cabeçalho

- Lista vazia contém somente o nó sentinela

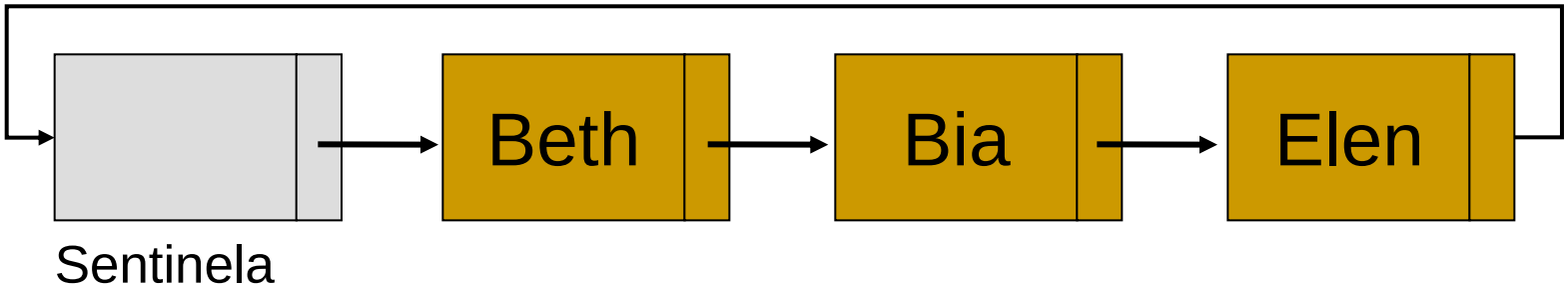


Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Informação global sobre a lista que possa ser necessária na aplicação
    - Operação de busca de informação pode ser simplificada se usarmos também a representação circular.

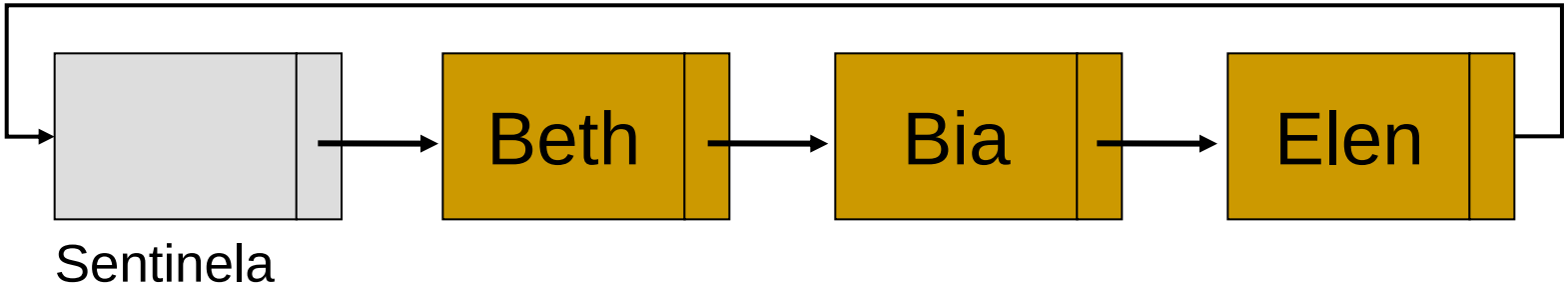
Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Lista circular
    - Não existe mais NULL no fim da lista, eliminando-se o risco de acessar uma posição inválida de memória



Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Lista circular
    - Como saber qual é o último elemento da lista?
    - Coloca-se o elemento de busca na sentinela!

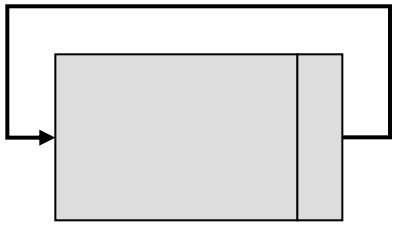


Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Lista circular
    - Como representar a lista vazia?

Lista com nó de cabeçalho

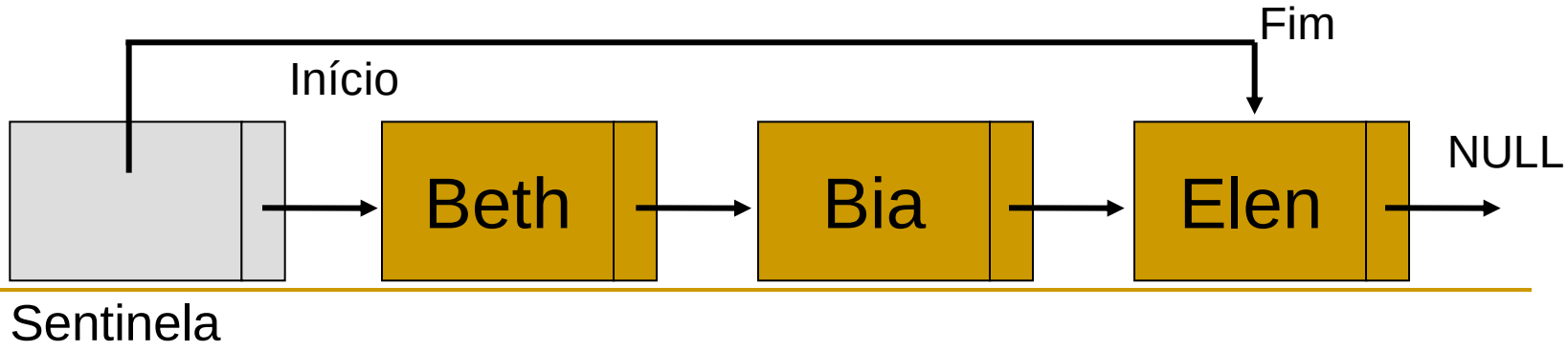
- Possibilidades de uso
  - Lista circular
    - Como representar a lista vazia?



Sentinela

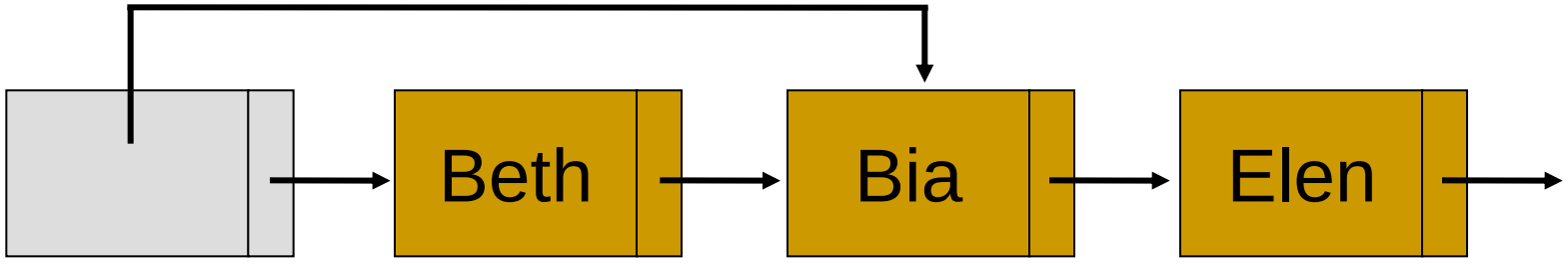
Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Informações para uso da lista como pilha, fila, etc.
    - Exemplo: em vez de um ponteiro de fim da fila, o nó sentinela pode apontar o fim
      - O campo info do nó sentinela passa a ser um ponteiro
      - Acaba por indicar o início da fila também



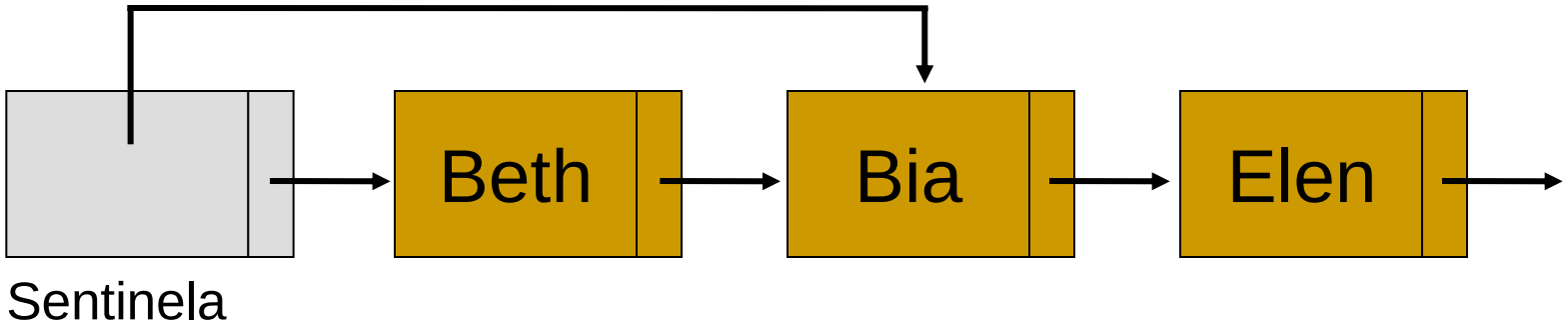
Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Indica um nó específico da lista
    - Por exemplo, em buscas que são constantemente interrompidas
      - Verificação de pessoas em ordem alfabética: poupa o esforço de se recomeçar ou a necessidade de ter uma variável auxiliar



Lista com nó de cabeçalho

- Possibilidades de uso
  - Nó sentinela com ponteiro em seu campo info
    - Vantagem: acesso possivelmente mais direto e imediato



Aplicações

- Indique qual a melhor estrutura de dados para modelar cada caso a seguir (pilha, fila, fila circular, fila de prioridade, lista, etc.):
  - atendimento de caixa de banco_____
  - retirada e colocação de caixas (uma sobre a outra) em um estoque em um depósito_____
  - lanchonete_____
  - atendimento em banco com uma fila preferencial_____
  - a retirada de pratos empilhados em um armário_____
  - Editor para facilitar o acesso a primeira e últimas linhas, próxima linha e linha anterior

Exercício: união de listas ordenadas

- Situação
  - Você recebeu duas listas dinâmicas e encadeadas ordenadas, de tamanhos possivelmente diferentes
  - Você não pode se dar ao luxo de contar com mais memória do que a já usada pelas listas, pois a aplicação rodando é crítica

- Implemente uma função em C que faça a união das duas listas, mantendo a ordenação

Exercícios

1) Implemente uma função que verifique se duas listas encadeadas são iguais. Duas listas são consideradas iguais se têm a mesma seqüência de elementos. O protótipo da função deve ser dado por:

int igual (Lista* l1, Lista* l2);

2) Implemente uma função que crie uma cópia de uma lista encadeada. O protótipo da função deve ser dado por:

Lista* copia (Lista* l);

Exercícios

- Dada uma lista ordenada L1 encadeada alocada dinamicamente, escreva as operações:
  - Verifica se L1 está ordenada ou não (a ordem pode ser crescente ou decrescente)
  - Faça uma cópia da lista L1 em uma outra lista L2
  - Faça uma cópia da Lista L1 em L2, eliminando elementos repetidos
  - inverta L1 colocando o resultado em L2
  - inverta L1 colocando o resultado na própria L1
  - intercale L1 com a lista L2, gerando a lista L3 (L1, L2 e L3 ordenadas)

Exercícios

- Escreva um programa que gera uma lista L2, a partir de uma lista L1 dada, em que cada registro de L2 contém dois campos de informação
  - *elem* contém um elemento de L1, e *count* contém o número de ocorrências deste elemento em L1
- Escreva um programa que elimine de uma lista L dada todas as ocorrências de um determinado elemento (L ordenada)
- Assumindo que os elementos de uma lista L são inteiros positivos,
  - escreva um programa que informe os elementos que ocorrem mais e menos em L (forneça os elementos e o número de ocorrências correspondente)

Exercício: Cadastro de Almas do Paraiso

- Para facilitar a vida de Deus, você foi selecionado para construir um sistema que automatize o cadastro de almas que chegam ao paraíso. O sistema deve armazenar:

- Um conjunto em ordem alfabética de todos os nomes das almas (não há limite para o número de almas de pessoas), o tempo (dia, mês e ano) que cada uma esteve na Terra e o número de amigos que teve;

- os familiares de cada alma
  - (se a alma foi casada, então se devem armazenar nomes e idades da esposa/marido e filhos, vivos ou mortos;
  - se não for casada, nomes e idades dos pais, vivos ou mortos);

- para cada familiar (vivo ou morto) de cada alma, um conjunto com nomes e espécies de animais de estimação que possuiu que entrarão no paraíso para ficarem com ele (enquanto houver espaço no paraíso para almas de animais, os primeiros do conjunto poderão entrar)

- Como muita gente morre por dia, a organização e eficiência são a chave do sucesso do sistema! Portanto, conceitos de TAD e de complexidade de algoritmos são essenciais.

- (a) Desenhe a estrutura de dados que desenvolveu (blocos de memória, ponteiros, etc.), justificando todas as suas escolhas.
- (b) Declare todas as estruturas de dados necessárias para a implementação do sistema anterior.
- (c) Implemente uma sub-rotina recursiva que verifique se um familiar de uma alma qualquer está vivo ou morto.