



INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO
DISCIPLINA DE ESTRUTURAS DE DADOS
PROF. VICTOR ANDRÉ PINHO DE OLIVEIRA

Estruturas de Dados

Aula 5 - ED - Listas Encadeadas

Introdução

Olá,

Na semana anterior nós iniciamos a implementação das Estruturas de Dados. Implementamos uma Lista Linear Sequencial Ordenada e uma não Ordenada.

Hoje daremos continuidade às implementações. Veremos **Listas Lineares Simplesmente Encadeadas**, como implementá-las de forma não Ordenada e de forma Ordenada. Para tanto, é preciso estar bem afiado em ponteiros.

Respira fundo e vai...

Listas Simplesmente Encadeadas

Uma **Lista** é uma estrutura que armazena elementos de mesmo tipo. Chamamos uma lista de **Linear** porque cada elemento tem apenas um antecessor e um sucessor¹. Uma lista Linear pode ser Sequencial ou Encadeada. Uma Lista Linear é **Sequencial** quando os elementos estão dispostos sequencialmente na memória. Uma Lista Linear é **Encadeada** quando os elementos não estão em sequência na memória, mas cada elemento possui um ponteiro para o próximo elemento da Lista.

As Listas Encadeadas podem ser Simplesmente ou Duplamente Encadeadas. É **Simplesmente Encadeada** quando cada nó possui um ponteiro para o próximo nó. É **Duplamente encadeada** quando cada nó possui um ponteiro para o nó anterior e outro para o próximo nó.

Na aula de hoje, voltaremos nossa atenção para **Listas Simplesmente Encadeadas**. Deixaremos o termo Linear subentendido.

Listas Simplesmente Encadeadas não Ordenadas

Como você bem sabe, as Listas podem ser Ordenadas e não Ordenadas. Chamamos uma Lista **Ordenada** quando os elementos são inseridos de maneira ordenada. Por

¹ À exceção, claro, do primeiro e do último elemento da lista.

outro lado, chamamos uma Lista de **não Ordenada** quando não há preocupação quanto a inserção ordenada dos elementos.

Começaremos vendo as Listas não Ordenadas. Atente que existem várias formas de implementar uma Lista Linear Encadeada. Aqui, apresentarei uma variante. Mas exploraremos outras possibilidades nos exercícios.

Segue abaixo o código.

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

struct sNODE{
    int dado;
    struct sNODE *prox;
};

struct sNODE *ini = NULL, *fim = NULL;

void inserir(int dado);
void remover(int dado);
struct sNODE *buscar(int dado);

int obter(struct sNODE *node);
int tamanho();
void imprimir();
void apagar();

int main(){
    return 0;
}

void inserir(int dado){
    struct sNODE *novo = (struct sNODE*) malloc(sizeof(struct sNODE));
    novo->dado = dado;
    novo->prox = NULL;

    if (!ini)
        ini = fim = novo;
    else{
        fim->prox = novo;
        fim = novo;
    }
}
```

```

    }
}

struct sNODE *buscar(int dado){
    struct sNODE *aux = ini;

    while (aux){
        if (dado == aux->dado)
            return aux;
        aux = aux->prox;
    }

    return NULL;
}

void remover(int dado){
    struct sNODE *aux = ini, *ant = NULL;

    while (aux){
        if (dado == aux->dado){
            if (aux == ini)
                ini = ini->prox;
            else if(aux == fim){
                ant->prox = NULL;
                fim = ant;
            } else
                ant->prox = aux->prox;

            free(aux);
            return;
        }

        ant = aux;
        aux = aux->prox;
    }
}

void apagar(){
    struct sNODE *aux = ini, *ant;

    while (aux){

```

```

        ant = aux;
        aux = aux->prox;
        free(ant);
    }
    ini = fim = NULL;
}

int obter(struct sNODE *node){
    if (!node){
        printf("Erro ao obter dado. Ponteiro invalido.");
        exit(0);
    }

    return node->dado;
}

int tamanho(){
    struct sNODE *aux = ini;
    int tam = 0;

    while (aux){
        tam++;
        aux = aux->prox;
    }

    return tam;
}

void imprimir(){
    struct sNODE *aux = ini;

    printf("[ ");
    while (aux){
        printf("%d ", aux->dado);
        aux = aux->prox;
    }
    printf("]\n");
}

```

O código acima mostra uma forma de implementar uma Lista de int.

Bem, para implementarmos uma Lista Linear Encadeada vamos precisar de:

- um registro (struct). Esse registro representa um nó da Lista. Ele contém dois campos:
 - dado: para armazenar o elemento
 - prox: um ponteiro para o próximo nó da Lista
- um ponteiro para o início da Lista (ini) e outro para o fim (fim)
- de algumas funções que controlam a manipulação da estrutura:
 - inserir: permite inserir um elemento no fim da Lista
 - remover: permite remover um determinado elemento da Lista
 - buscar: retorna um ponteiro para o nó de um elemento buscado, caso encontrado
 - apagar: apaga toda a Lista
- de mais algumas funções auxiliares:
 - obter: retorna o elemento do nó apontado pelo ponteiro passado
 - tamanho: retorna a quantidade de elementos
 - imprimir: imprime na tela a Lista

Como estamos implementando uma Lista de int, tanto o campo dado quanto as funções foram implementados esperando receber tal tipo.

Adicionalmente, note que, conforme podemos ver no código acima, você pode declarar todas as suas funções (assinaturas) acima da main e deixar para implementá-las em qualquer outro lugar abaixo no arquivo. Isso te dá mais liberdade em algumas situações. Por hora, estou apenas deixando como uma boa dica.

Por estarmos implementando uma Lista, que é um tipo de Estrutura de Dados, não podemos manipular os ponteiros diretamente, mas somente por meio das funções. As funções ditam as regras de acesso à Estrutura. Assim, basta entendermos como cada função funciona.

Função inserir

A função inserir tem o objetivo de inserir um elemento no final da Lista.

```
void inserir(int dado){
    struct sNODE *novo = (struct sNODE*) malloc(sizeof(struct
sNODE));
    novo->dado = dado;
    novo->prox = NULL;

    if (!ini)
        ini = fim = novo;
    else{
        fim->prox = novo;
        fim = novo;
    }
}
```

```
}  
}
```

A função `inserir` não retorna nada e recebe o elemento a ser introduzido na Lista. A primeira coisa a fazer é alocar o espaço para o novo nó da Lista. Preenchemos o campo `dado` desse nó com o dado passado à função e o campo `prox` com `NULL`, pois iremos inserir este nó no fim da Lista. Logo ele não aponta para nenhum outro nó. Atribuímos `NULL` para indicar o fim da Lista, bem como para evitar apontar para uma região que não seja de fato um nó.

Depois de criado o nó, vamos inseri-lo à Lista. Como queremos inserir no fim, podemos nos deparar com uma das duas situações: Lista ainda vazia ou Lista não vazia. Uma Lista está vazia quando os ponteiros `ini` e `fim` estão `NULL`. Se esse for o caso, os ponteiros `ini` e `fim` apontarão para o novo e único elemento da Lista. Caso contrário, pegamos o último nó da Lista e o fazemos apontar para o novo nó. Não podemos esquecer de atualizar o ponteiro `fim` para o novo elemento.

Função buscar

A função `buscar` tem o objetivo de buscar um elemento na Lista e retornar sua posição - endereço do nó -, caso ele exista na Lista.

```
struct sNODE *buscar(int dado){  
    struct sNODE *aux = ini;  
  
    while (aux){  
        if (dado == aux->dado)  
            return aux;  
        aux = aux->prox;  
    }  
  
    return NULL;  
}
```

A função retorna o ponteiro para o nó (caso o dado exista na Lista) e recebe o elemento a ser buscado. Inicializamos um ponteiro auxiliar (`aux`) com o início da Lista (`ini`). Em seguida entramos num loop `while` passando `aux` como expressão lógica. Isso quer dizer “enquanto não chegar ao fim da Lista”, pois `NULL` é `FALSO` e diferente de `NULL` é `VERDADEIRO`. Verificamos se o campo `dado` do nó em questão (`aux->dado`) é igual ao dado que estamos buscando. Em caso verdadeiro retornamos `aux`. Note a forma como avançamos para o próximo nó da Lista: atribuímos à `aux` o endereço do próximo nó (`aux = aux->prox`).

Caso o dado não se encontre na Lista, retornamos o ponteiro `NULL`.

Função remover

A função remover tem por objetivo remover um determinado elemento da Lista.

```
void remover(int dado){
    struct sNODE *aux = ini, *ant = NULL;

    while (aux){
        if (dado == aux->dado){
            if (aux == ini)
                ini = ini->prox;
            else if(aux == fim){
                ant->prox = NULL;
                fim = ant;
            } else
                ant->prox = aux->prox;

            free(aux);
            return;
        }

        ant = aux;
        aux = aux->prox;
    }
}
```

A função não retorna nada e recebe o elemento a ser removido. Note que a função é um pouco mais complexa se comparada à função remover das Listas Sequenciais. A razão é que temos que considerar algumas situações. Falaremos sobre elas abaixo.

A função começa declarando um ponteiro aux, inicializando-o com ini, e uma ponteiro ant, inicializando-o com NULL. Usaremos aux para apontar para cada nó da Lista e ant para apontar para o nó anterior de aux. O ponteiro ant é necessário em situações nas quais precisamos alterar o ponteiro prox do nó anterior a aux.

Em seguida, entramos em um loop para varrer a Lista em busca do dado. Note, no fim do loop, que atribuímos aux para ant, e aux->prox para aux antes de seguir para próxima iteração. Desse modo, ant sempre vai apontar para o nó imediatamente anterior à aux.

De volta ao início do loop, verificamos se o dado a ser buscado se encontra no nó atual (aux). Se sim, poderemos cair em uma de 3 possibilidades:

1. o dado buscado se encontra no início da Lista. Nesse caso, precisamos atualizar o ponteiro ini para que ele aponte para ini->prox.

2. o dado buscado se encontra no fim da Lista. Nesse caso, o penúltimo nó da Lista passará a ser o último. Por essa razão fazemos `ant->prox` receber `NULL` e o ponteiro fim apontar para `ant`.
3. o dado buscado se encontra no meio da Lista. Nesse caso, fazemos com que o nó anterior a `aux` aponte para o nó depois de `aux`. Assim, `ant->prox` deverá apontar para `aux->prox`.

Em todos os casos, como `aux` aponta para o nó a ser removido, ele será usado para desalocar o ponteiro com `free`. Adicionalmente, a função retorna na primeira ocorrência.

Função apagar

A função `apagar` não recebe nem retorna nada. Tem o objetivo de apagar todos os nós da Lista, deixando-a vazia.

```
void apagar(){
    struct sNODE *aux = ini, *ant = NULL;

    while (aux){
        ant = aux;
        aux = aux->prox;
        free(ant);
    }
    ini = fim = NULL;
}
```

À semelhança da função `remover`, declaramos e inicializamos dois ponteiros: `aux` e `ant`. O ponteiro `aux` corre por toda a Lista, passando de nó a nó. Note a ordem que construímos o loop. Primeiro atribuímos `aux` para `ant`, e depois avançamos `aux` para o próximo nó. Somente após é que chamamos `free(ant)`. O loop segue até encontrar o fim da Lista, momento em que `aux` se torna `NULL`.

Já que estamos apagando toda a Lista, estamos setando os ponteiros `ini` e `fim` para `NULL`.

Funções auxiliares

E agora, veremos as funções auxiliares.

Função obter

A função `obter` recebe um ponteiro para o nó e retorna o dado, caso ele esteja presente na Lista.

```
int obter(struct sNODE *node){
    if (!node){
        printf("Erro ao obter dado. Ponteiro invalido.");
    }
}
```



```

        exit(0);
    }

    return node->dado;
}

```

Talvez você esteja se perguntando sobre a necessidade desta função, questionando se não seria melhor acessar o ponteiro direto e pronto. NÃO. Não seria melhor acessar o ponteiro diretamente porque precisamos manter o controle sobre o acesso à Lista. Note que a função obter verifica, antes de retornar o elemento, se o ponteiro passado como argumento é um ponteiro válido, isto é, diferente de NULL. Mais uma vez, é importante lembrar que, por estarmos implementando uma Estrutura de Dados, o acesso às variáveis da Estrutura deve se dar sempre por meio das funções, pois são elas que controlam o acesso e a manipulação das variáveis, mantendo a integridade da Estrutura.

Observe que caso o ponteiro NULL seja passado como argumento, a função encerra o programa, pois não há dado a ser retornado.

Outro detalhe que vale comentar é que a função não verifica se o ponteiro passado é, de fato, um nó da Lista. Assumimos que o programador chamou a função buscar para obter o ponteiro para o nó.

Função tamanho

Retorna o tamanho da Lista.

```

int tamanho(){
    struct sNODE *aux = ini;
    int tam = 0;

    while (aux){
        tam++;
        aux = aux->prox;
    }

    return tam;
}

```

Basicamente, a função declara um contador (tam) e incrementa-o enquanto aux corre pela Lista.

Função imprimir

A função imprimir não recebe nem retorna nada. Apenas imprime a Lista na tela.

```

void imprimir(){

```

```

struct sNODE *aux = ini;

printf("[ ");
while (aux){
    printf("%d ", aux->dado);
    aux = aux->prox;
}
printf("]\n");
}

```

Usamos aux para correr pela Lista. Em cada loop, imprimimos o dado do nó.

Listas Simplesmente Encadeadas Ordenadas

Agora chegou a hora de implementar uma Lista Encadeada Ordenada. Ora, se já sabemos que em uma Lista Ordenada os elementos já são inseridos de forma ordenada, basta modificarmos a função inserir.

Função inserir_ord

A função inserir_ord insere os elementos de forma ordenada na Lista. Não retorna nada e recebe o elemento a ser inserido.

```

void inserir_ord(int dado){
    struct sNODE *aux = ini, *ant = NULL;
    struct sNODE *novo = (struct sNODE*) malloc(sizeof(struct
sNODE ));
    novo->dado = dado;
    novo->prox = NULL;

    while(aux && dado > aux->dado){
        ant = aux;
        aux = aux->prox;
    }

    if (!ini)
        ini = fim = novo;
    else if (aux == ini){
        novo->prox = ini;
        ini = novo;
    } else if (!aux){
        fim->prox = novo;
        fim = novo;
    } else {

```

```
    ant->prox = novo;  
    novo->prox = aux;  
}  
}
```

Declaramos e inicializamos mais uma vez as variáveis aux e ant. Adicionalmente, declaramos um registro novo e alocamos o espaço para ele. Depois preenchemos os campos do registro.

Em seguida, usamos aux para correr pela Lista até o ponto em que o elemento deve ser inserido, ou seja, avançamos o ponteiro aux enquanto o dado a ser inserido é maior que o dado do nó. O ponteiro aux vai na expressão do while para garantir de que não vamos tentar acessar o campo dado de um ponteiro vazio. Se aux for NULL a segunda parte da expressão já não é avaliada. Dentro do loop, fazemos ant receber aux, e aux avançar para o próximo nó. Quando o loop se encerra é porque encontramos a posição para o novo nó.

Ao inserir o novo nó, podemos cair em uma das 4 situações:

1. a Lista está vazia. Nesse caso, o novo nó será o primeiro e o último da Lista.
2. aux aponta para o primeiro nó da Lista. Nesse caso, fazemos o novo nó apontar para ini (novo->prox = ini) e depois atualizamos o ponteiro ini (ini = novo)
3. aux é NULL, ou seja, o elemento a ser inserido é maior que todos os outros e, portanto, deverá ser inserido no fim da Lista. Nesse caso, fazemos o último nó apontar para o novo (fim->prox = novo) e atualizamos o ponteiro fim (fim = novo)
4. o novo nó será inserido entre o primeiro e o último nó. Nesse caso, fazemos com que o nó ant aponte para o novo (ant->prox = novo) e o novo nó aponte para aux (novo->prox = aux).

Na aula de hoje implementamos nossa segunda Estrutura: Lista Simplesmente Encadeada. É uma estrutura que requer um pouco mais de atenção porque faz uso massivo de ponteiros. Portanto, peço que revise todo o material com atenção, não deixando nenhuma dúvida pairando na cabeça.

Na próxima aula iremos tratar sobre Listas Duplamente Encadeadas. Você só entenderá Listas Duplamente Encadeadas se entendeu Listas Simplesmente Encadeada. Mais uma vez, esteja com o estudo de ponteiros e alocação dinâmica em dia.

Bons estudos e até a próxima!