AED1 - Aula 17
Filas em vetor circular e em lista ligada, interfaces, listas de adjacência e ortogonais

Filas

Uma fila (no inglês queue) é uma lista dinâmica, em que
- o primeiro a entrar é o primeiro a sair,
  - política First-In-First-Out (FIFO).
- Por isso, sempre removemos do início e inserimos no final da sequência.

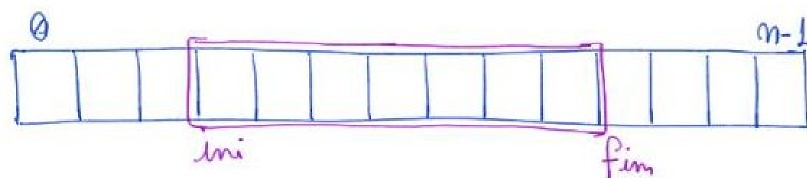
Implementação de fila em vetor circular

Uma fila q é armazenada em um vetor de tamanho n
- alocado estática ou dinamicamente.

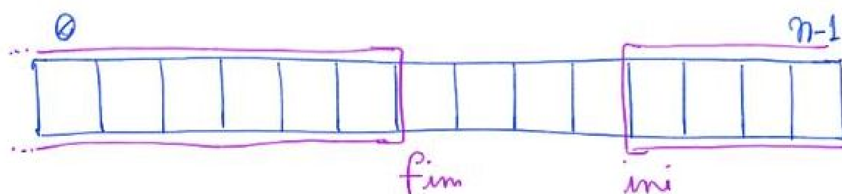
Um inteiro fim indica o final da fila,
- que é 1 a mais que a posição do último elemento e
- é a posição do próximo elemento a ser inserido.

Um inteiro ini indica o início da fila,
- que é a posição do primeiro elemento e
- é a posição do próximo elemento a ser removido.

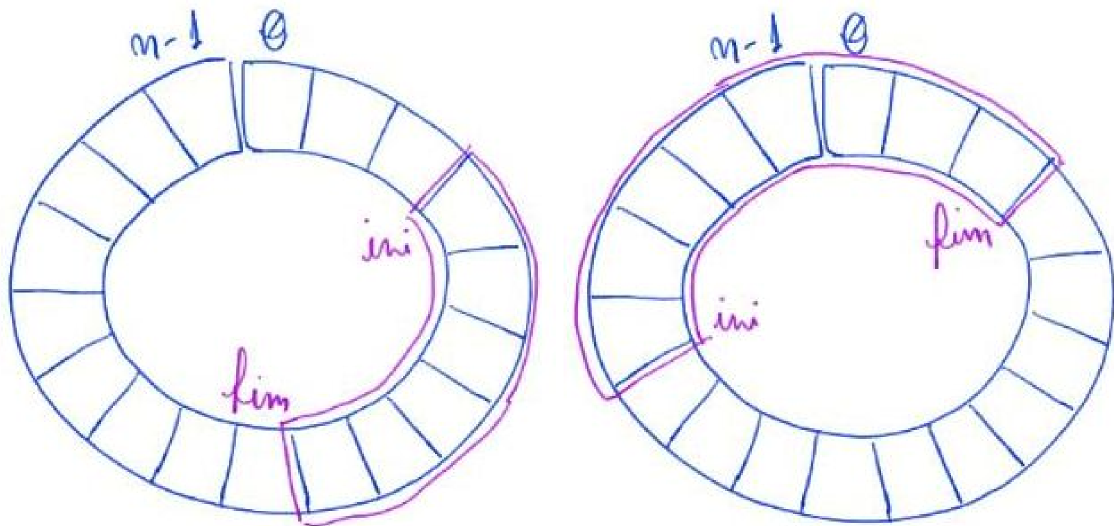
Na implementação circular,
- a fila está no subvetor v[ini .. fim - 1]



- ou na concatenação do subvetor v[ini .. n - 1] com v[0 .. fim - 1]



Perspectiva circular das situações anteriores:



Para inserir um elemento x fazemos

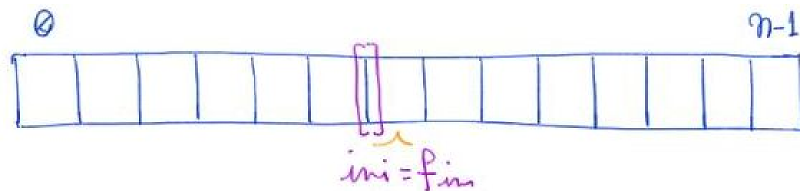
- q[fim++] = x;
- Implementação da circularidade
  - if (fim == n) fim = 0;
- Circularidade com aritmética modular
  - fim = fim % n;

Para remover um elemento e armazená-lo em x fazemos

- x = q[ini++];
- Implementação da circularidade
  - if (ini == n) ini = 0;
- Circularidade com aritmética modular
  - ini = ini % n;

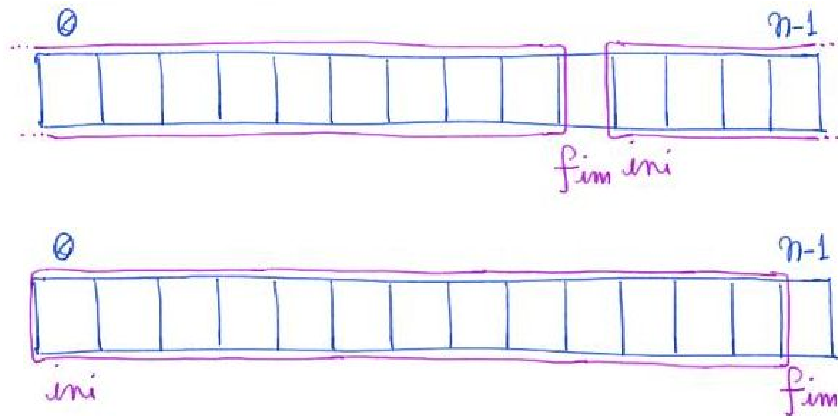
Fila vazia

- ini == fim;



Fila cheia

- fim + 1 == ini || (fim + 1 == n && ini == 0)
- Alternativa com aritmética modular
  - (fim + 1) % n == ini;



- Note que, a posição fim sempre está desocupada.
    - Isso porque precisamos diferenciar fila vazia de fila cheia.

Tamanho

- if (fim >= ini) tam = fim - ini;
- if (fim < ini) tam = (n - ini) + (fim - 0);

Note que as operações de manipulação da fila

- levam tempo constante, i.e., O(1).

Biblioteca para implementação circular de fila em vetor

Segue o código da interface fila.h:

- observe que a definição do tipo "type" torna a fila genérica.

```
typedef struct fila Fila;

// typedef char type;
typedef int type;

Fila *criaFila();
void insereFila(Fila *q, type x);
type removeFila(Fila *q);
int filaVazia(Fila *q);
int filaCheia(Fila *q);
void imprimeFila(Fila *q);
int tamFila(Fila *q);
Fila *liberaFila(Fila *q);
```

A seguir temos a implementação da biblioteca usando vetor circular.

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

#include "fila.h"

#define TAM_MAX 100

struct fila
{
    type *vetor;
    int ini;
    int fim;
};

Fila *criaFila()
{
    Fila *q;
    q = (Fila *)malloc(sizeof(Fila));
    q->vetor = (type *)malloc(TAM_MAX * sizeof(type));
    // Por que os seguintes valores? Faz diferença?
    q->ini = TAM_MAX / 2;
    q->fim = TAM_MAX / 2;
    return q;
}

void insereFila(Fila *q, type x)
{
    q->vetor[q->fim] = x;
    // (q->fim)++;
    // if (q->fim == N)
    //     q->fim = 0;
    q->fim = (q->fim + 1) % TAM_MAX;
}
```

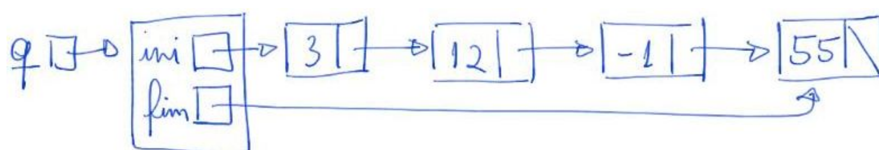
```
type removeFila(Fila *q)
{
    type x;
    x = q->vetor[q->ini];
    // (q->ini)++;
    // if (q->ini == N)
    //     q->ini = 0;
    q->ini = (q->ini + 1) % TAM_MAX;
    return x;
}

int filaVazia(Fila *q)
{
    return q->fim == q->ini;
}

int filaCheia(Fila *q)
{
    // return (q->fim + 1 == q->ini || (q->fim + 1 == TAM_MAX &&
q->ini == 0));
    return (q->fim + 1) % TAM_MAX == q->ini;
}

void imprimeFila(Fila *q)
{
    int i;
    // note que os prints dependem do tipo
    if (q->ini <= q->fim)
        for (i = q->ini; i < q->fim; i++)
            printf("%c ", q->vetor[i]);
    else // q->fim < q->ini
    {
        for (i = q->ini; i < TAM_MAX; i++)
            printf("%c ", q->vetor[i]);
        for (i = 0; i < q->fim; i++)
```

```c
            printf("%c ", q->vetor[i]);
    }
    printf("\n");
}

int tamFila(Fila *q)
{
    if (q->ini <= q->fim)
        return q->fim - q->ini;
    return (TAM_MAX - q->ini) + (q->fim - 0);
}

Fila *liberaFila(Fila *q)
{
    free(q->vetor);
    free(q);
    return NULL;
}
```

Implementação de fila em lista encadeada

Antes de começar a implementação,

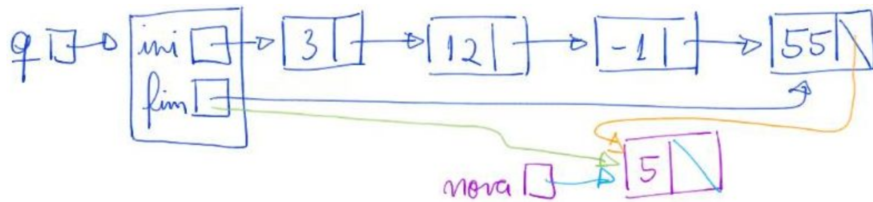
- uma importante decisão de projeto deve ser tomada.
- Teremos de manter um apontador para o início da lista
    - e outro para seu último elemento,
- Isso porque, na fila as operações de inserção e remoção
    - mexem em pontas opostas da estrutura.
- Daí vem a pergunta:
    - Dado que nós inserimos no final e removemo do início da fila,
        - em que ponta da lista devemos inserir
            - e em que ponta devemos remover?
- Convém adotar o início da lista como o início da fila
    - e o final da lista como o final da fila.



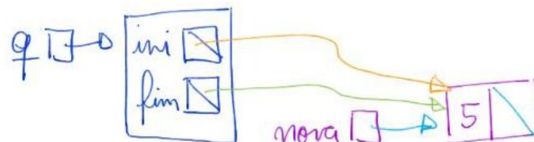
- Caso contrário, a remoção ficaria muito custosa. Por que?

Exemplo de inserção do 5:

- Se a lista não está vazia, precisamos atualizar
  - o apontador do último elemento e o apontador fim.

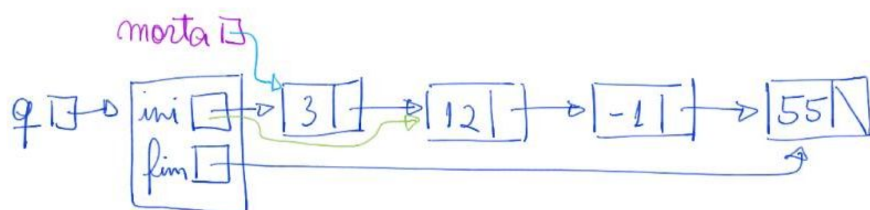


- Se a lista está vazia, precisamos atualizar
  - o apontador ini e o apontador fim.

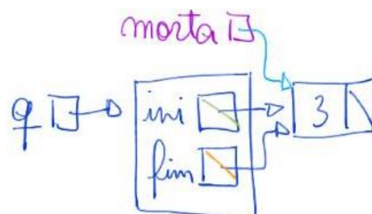


Exemplo de remoção:

- Se a lista tem vários elementos, só precisamos atualizar o apontador ini.



- Se a lista tem apenas um elemento, precisamos atualizar
  - o apontador ini e o apontador fim.



Fila vazia

- apontador ini == NULL ou apontador fim == NULL

Fila cheia

- só ocorre se a memória do programa acabar.

Tamanho

- Necessário percorrer a lista contando,
- ou manter uma variável tam auxiliar
  - que é atualizada nas inserções e remoções.

Note que as operações de manipulação da fila

- levam tempo constante, i.e., O(1),
    - com a possível exceção do cálculo do tamanho.

Biblioteca para fila implementada com lista encadeada

A seguir temos a implementação da biblioteca usando lista encadeada.

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

#include "fila.h"

typedef struct celula
{
    type conteudo;
    struct celula *prox;
} Celula;

struct fila
{
    Celula *ini;
    Celula *fim;
    int tam;
};

Fila *criaFila()
{
    Fila *q;
    q = (Fila *)malloc(sizeof(Fila));
    q->ini = NULL;
    q->fim = NULL;
    q->tam = 0;
    return q;
}
```

```
void insereFila(Fila *q, type x)
{
    Celula *nova;
    nova = (Celula *)malloc(sizeof(Celula));
    nova->conteudo = x;
    nova->prox = NULL;  // inserção no final da lista
    if (q->fim == NULL) // fila vazia
    {
        q->ini = nova;
        q->fim = nova;
    }
    else
    {
        q->fim->prox = nova;
        q->fim = nova;
    }
    (q->tam)++;
}

type removeFila(Fila *q)
{
    type x;
    Celula *morta;
    morta = q->ini;
    x = morta->conteudo;
    q->ini = morta->prox; // remove do início da lista
    if (q->ini == NULL)   // fila ficou vazia
        q->fim = NULL;
    free(morta);
    (q->tam)--;
    return x;
}

int filaVazia(Fila *q)
{
```

```c
    return q->fim == NULL;
    // return q->ini == NULL;
}

int filaCheia(Fila *q)
{
    Celula *p;
    p = malloc(sizeof(Celula)); // versão segura
    if (p == NULL)
        return 1;
    free(p);
    return 0;
}

void imprimeFila(Fila *q)
{
    Celula *p;
    p = q->ini;
    while (p != NULL)
    {
        printf("%c ", p->conteudo);
        p = p->prox;
    }
    printf("\n");
}

int tamFila(Fila *q)
{
    // Celula *p;
    // int tam = 0;
    // p = q->ini;
    // while (p != NULL)
    // {
    //     tam++;
    //     p = p->prox;
```

```
    // }
    // return tam;
    return q->tam;
}

Fila *liberaFila(Fila *q)
{
    Celula *p, *morta;
    p = q->ini;
    while (p != NULL)
    {
        morta = p;
        p = p->prox;
        free(morta);
    }
    free(q);
    return NULL;
}
```

Compare as implementações de fila

- em vetor e em lista encadeada, segundo:
  - eficiência de tempo das operações,
  - uso de memória,
  - limitações de tamanho.

Compilando biblioteca

Para implementar e compilar um programa que usa nossa biblioteca,

- primeiro incluímos uma chamada para ela no início do programa,
  ```
  #include "fila.h"
  ```
- então compilamos a biblioteca em um programa objeto
  “gcc -c fila.c” ou
  “gcc -Wall -O2 -pedantic -Wno-unused-result -c fila.c”
- e, finalmente, compilamos o programa principal usando esse programa objeto
  “gcc fila.o usaFila.c -o usaFila” ou
  “gcc -Wall -O2 -pedantic -Wno-unused-result fila.o usaFila.c -o usaFila”

Também podemos compilar o programa principal em um programa objeto

“gcc -c usaFila.c” ou

“gcc -Wall -O2 -pedantic -Wno-unused-result -c usaFila.c”

- e então compilar os dois programas objetos no executável

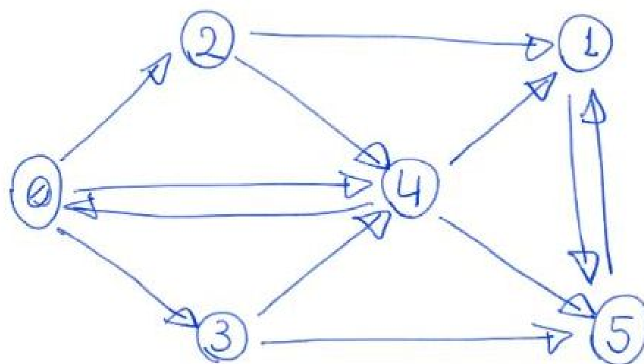
  “gcc fila.o usaFila.o -o usaFila”

Ou, no extremo oposto, compilar tudo diretamente, sem usar programas objeto

“gcc fila.c usaFila.c -o usaFila” ou

“gcc -Wall -O2 -pedantic -Wno-unused-result fila.c usaFila.c -o usaFila”

Representação de redes



Representação da rede em uma matriz:

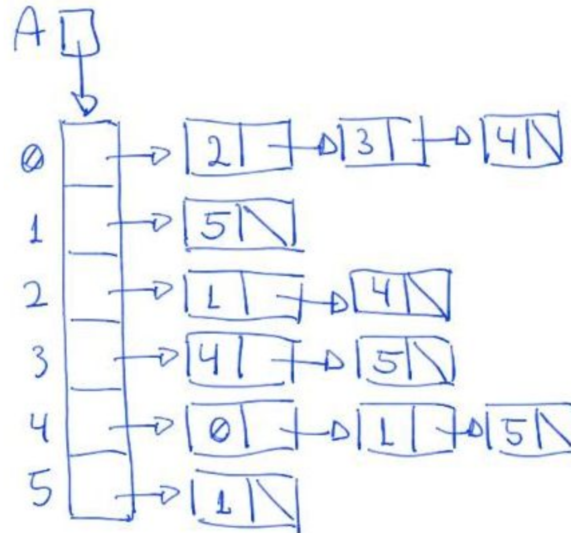
A[]

	0	1	2	3	4	5
Ø	Ø	Ø	1	1	1	Ø
1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1
2	Ø	1	Ø	Ø	1	Ø
3	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1
4	1	1	Ø	Ø	Ø	1
5	Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø

- Vantagens
  - Acessar um elemento A[i][j] qualquer leva tempo constante.
  - Economia de espaço quando a rede é densa,
    - pois é possível operar sobre uma matriz de bits.
- Desvantagens

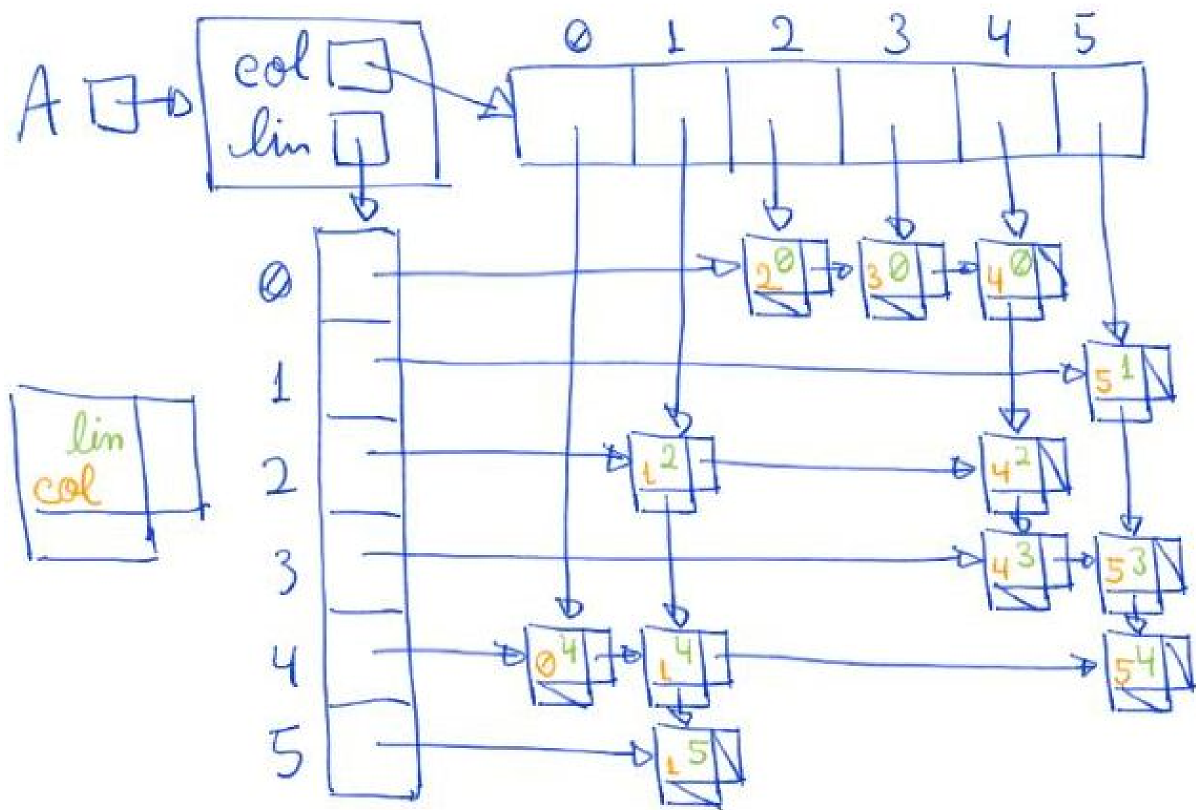
- Ocupa espaço proporcional a n^2, ainda que a rede seja esparsa,
  - resultando na maioria dos elementos da matriz iguais a zero.
- Visitar todos os nós para os quais um nó i tem conexão,
  - leva tempo proporcional a n, ainda que i tenha poucos vizinhos.
- O mesmo vale para visitar todos os nós que tem conexão para i.

Representação da rede usando listas de adjacências:



- Vantagens
  - Economia de memória quando a rede é esparsa,
    - pois ocupa espaço proporcional a n + m,
      - sendo n o número de nós da rede
      - e m o número de conexões entre nós.
  - Visitar todos os nós para os quais um nó i tem conexão,
    - leva tempo proporcional ao número de vizinhos de i.
- Desvantagens
  - Verificar se um nó i tem conexão para um nó j
    - leva tempo linear no número de vizinhos do nó i.
  - Quando a rede é densa, a ordem de grandeza
    - tanto da memória quanto do tempo serão quadráticos.
  - A memória ocupada por conexão é maior que na matriz.
  - Verificar quais nós tem conexão para um nó j
    - exige percorrer todas as listas.
    - Para contornar essa limitação, podemos usar listas ortogonais.

Representação da rede em listas ortogonais:



Aplicação de fila para cálculo de distâncias

Código que opera com listas de adjacências:

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

#include "fila.h"

typedef struct celula
{
    int indice;
    struct celula *prox;
} Celula;

int main(int argc, char *argv[])
{
    Celula **Rede, *p;
    int i, j, aux, n, *dist;
```

```c
printf("Digite o numero de cidades.\n");
scanf("%d", &n);
Rede = (Celula **)malloc(n * sizeof(Celula *));
for (i = 0; i < n; i++)
    Rede[i] = NULL;
// lendo a matriz e convertendo para listas de adjacências
printf("Digite a matriz da rede.\n");
for (i = 0; i < n; i++)
    for (j = 0; j < n; j++)
    {
        scanf("%d", &aux);
        if (aux != 0)
        {
            p = (Celula *)malloc(sizeof(Celula));
            p->indice = j;
            p->prox = Rede[i];
            Rede[i] = p;
        }
    }
// imprimindo a rede como lista de adjacências
printf("Imprimindo a rede lida como listas de adjacencias:\n");
for (i = 0; i < n; i++)
{
    printf("%d: ", i);
    p = Rede[i];
    while (p != NULL)
    {
        printf("%d ", p->indice);
        p = p->prox;
    }
    printf("\n");
}
// dist = distancias(Rede, n, 0);
dist = distancias(Rede, n, n / 2);
```

```
    // imprimindo distâncias calculadas
    printf("cidades:    ");
    for (i = 0; i < n; i++)
        printf("%d ", i);
    printf("\n");
    printf("distancias: ");
    for (i = 0; i < n; i++)
        printf("%d ", dist[i]);
    printf("\n");
    // liberando Rede e suas listas
    for (i = 0; i < n; i++)
    {
        while (Rede[i] != NULL)
        {
            p = Rede[i];
            Rede[i] = Rede[i]->prox;
            free(p);
        }
    }
    free(Rede);
    free(dist);
    return 0;
}
```

Implementação da função distancias operando sobre listas de adjacências:

```
// A função recebe um inteiro origem, uma lista de adjacências Rede
// e o número de cidades da Rede n, com 0 <= origem < n. Ela devolve
// um vetor com a distância de origem até cada elemento entre 0 e
n-1.
int *distancias(Celula **Rede, int n, int origem)
{
    int i, corr; // auxiliar que guarda a cidade corrente
    int *dist;
    Fila *fila;
    Celula *p;
```

```
    dist = malloc(n * sizeof(int));
    /* inicializa a fila */
    fila = criaFila();
    /* inicializa todos como não encontrados, exceto pela origem */
    for (i = 0; i < n; i++)
        dist[i] = -1;
    dist[origem] = 0;
    /* colocando origem na fila */
    insereFila(fila, origem);
    /* enquanto a fila dos ativos (encontrados mas não visitados)
não estiver vazia */
    while (!filaVazia(fila))
    {
        /* remova o mais antigo da fila */
        corr = removeFila(fila);
        /* para cada vizinho deste que ainda não foi encontrado */
        p = Rede[corr];
        while (p != NULL)
        {
            i = p->indice;
            if (dist[i] == -1)
            {
                /* calcule a distancia do vizinho e o coloque na
fila */
                dist[i] = dist[corr] + 1;
                insereFila(fila, i);
            }
            p = p->prox;
        }
    }
    fila = liberaFila(fila);
    return dist;
}
```

Eficiência de tempo:

- O(n + m),

- sendo n o número de nós na rede
    - e m o número de conexões entre nós.
- Isso porque, em cada iteração do laço externo do algoritmo
    - temos um nó “corrente” corr retirado da fila.
- Note que cada nó entra na fila no máximo uma vez,
    - também sendo retirado no máximo uma vez.
    - Portanto, o número de iterações do laço externo <= n.
- Em cada iteração do laço interno do algoritmo,
    - é considerada uma conexão de corr com algum vizinho.
- Note que, cada conexão de corr é considerada apenas uma vez
    - e o nó corr nunca mais será “corrente”.
    - Portanto, cada conexão é considerada no máximo uma vez
        - ao longo de todas as iterações do algoritmo.
    - Assim, o número total de iterações do laço interno <= m.

Eficiência de espaço:
- Fila auxiliar ocupa espaço adicional O(n).
- Matriz de entrada ocupa espaço O(n + m).

Quiz:
- Considere uma rede com 100000 cidades
    - e uma média de 10 estradas saindo de cada cidade.
- Compare a eficiência de tempo
    - do algoritmo que representa a Rede como uma matriz
        - com a eficiência do algoritmo que usa listas de adjacência.
- Faça a mesma comparação
    - em relação à eficiência de espaço dos algoritmos.