Estruturas de Dados

Fila

Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA

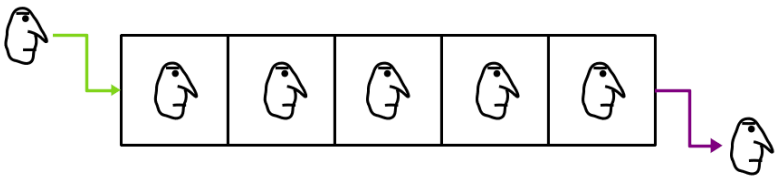
Paulo Regis Menezes Sousa

paulo_regis@uvanet.br

Fila

- Fundamentos
- Definição do TAD Fila
- Implementação
- Aplicação

- Fila é uma lista em que as inserções são feitas num extremo, denominado final, e as remoções são feitas no extremo oposto, denominado início.
- Devido a essa política de acesso, os itens de uma fila são removidos na mesma ordem em que foram inseridos, ou seja, o primeiro a entrar é o primeiro a sair. Por isso, as filas também são denominadas listas **FIFO** (*First-In/First-Out*).

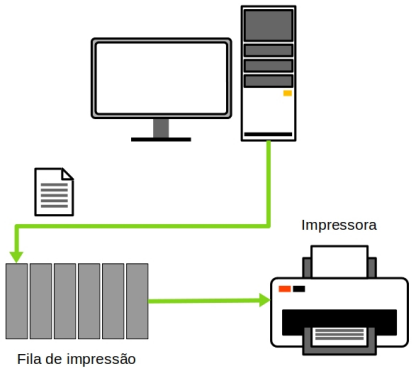


- A principal propriedade de uma fila é a sua capacidade de **manter a ordem** de uma sequência. Essa propriedade é útil em várias aplicações em computação.

Exemplo 1

Em um sistema operacional, cada solicitação de impressão de documento feita pelo usuário é inserida no final de uma fila de impressão.

Então, quando a impressora fica livre, o gerenciador de impressão atende à próxima solicitação de impressão, removendo-a do início dessa fila.

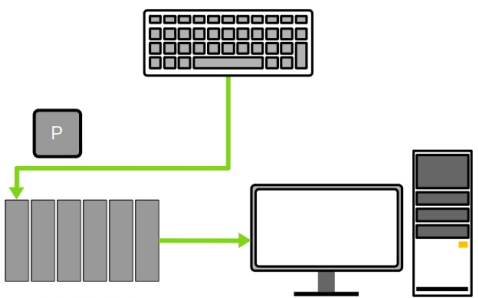


- A principal propriedade de uma fila é a sua capacidade de **manter a ordem** de uma sequência. Essa propriedade é útil em várias aplicações em computação.

Exemplo 2

Uma fila também é usada num sistema operacional para gerenciar a entrada de dados via teclado.

À medida que as teclas são pressionadas pelo usuário, os caracteres correspondentes são inseridos numa área de memória chamada buffer de teclado. Então, quando um caractere é lido por um programa, o primeiro caractere inserido no buffer de teclado é removido e devolvido como resposta.



Buffer de teclado
(fila de teclas)

- Uma fila F suporta as seguintes operações:
  - criação de uma fila vazia,
  - destruição de uma pilha,
  - verificação de fila vazia,
  - verificação de fila cheia,
  - inserção de um elemento no final da fila,
  - acesso e remoção do elemento no início da fila,
  - acesso ao elemento no início da fila sem sua remoção,
  - acesso ao elemento no final da fila sem sua remoção.

Código 1: Queue.h

```
1  typedef struct Queue Queue;
2
3  Queue *Queue_alloc(int size);
4  void   Queue_free(Queue *q);
5  int    Queue_isEmpty(Queue *q);
6  int    Queue_isFull(Queue *q);
7  void   Queue_push(Queue *q, int item);
8  int    Queue_pop(Queue *q);
9  int    Queue_begin(Queue *q);
10 int    Queue_end(Queue *q);
```

- Para exemplificar o uso de filas em programação, vamos criar um programa que verifica se uma cadeia é *palíndroma*.

Uma cadeia é palíndroma se ela é igual à sua inversa (ignorando-se os espaços).

- Para comparar as cadeias, basta percorrer a cadeia original, da esquerda para a direita, sem os espaços, inserindo simultâneamente em uma fila e em uma pilha cada letra encontrada.
- Comparando-se as letras removidas da fila e da pilha, podemos determinar se a cadeia original é ou não palíndroma.

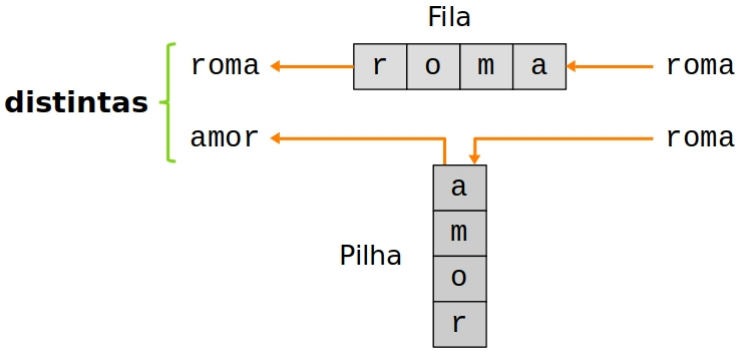


Figura 1: Comparação entre uma cadeia e sua inversa.

Cadeia palíndroma

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include "Queue.h"
#include "Stack.h"
#define SIZE 32

int main() {
    int i;
    char strA[SIZE], strB[SIZE], strC[SIZE];
    Queue *q = Queue_alloc(SIZE);
    Stack *s = Stack_alloc(SIZE);

    printf("Cadeia: ");
    scanf("%[^\n]", strA);

    for (i = 0; strA[i]; i++)
        if (strA[i] != ' ') {
            Queue_push(q, strA[i]);
            Stack_push(s, strA[i]);
        }
```

```
22
23      memset(strB, '\0', SIZE);
24      memset(strC, '\0', SIZE);
25
26      for (i = 0; !Stack_isEmpty(s); i++) {
27          strB[i] = Queue_pop(q);
28          strC[i] = Stack_pop(s);
29      }
30
31      if (strcmp(strB, strC) == 0)
32          printf("Is a palindrome chain (%s == %s)\n", strB, strC);
33      else
34          printf("Isn't a palindrome chain (%s != %s)\n", strB, strC);
35
36      Queue_free(q);
37      Stack_free(s);
38
39      return 0;
40  }
```

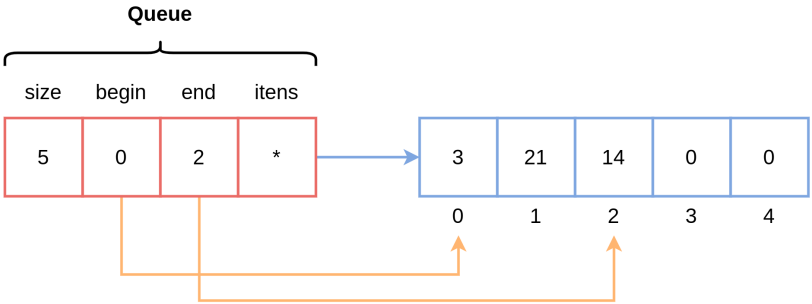


Figura 2: Representação de uma estrutura de fila com capacidade 5 e armazenando 3 itens.

- Para melhor aproveitamento de espaço no vetor $F \rightarrow \text{elements}$, vamos simular que esse vetor é circular, como na Figura abaixo.

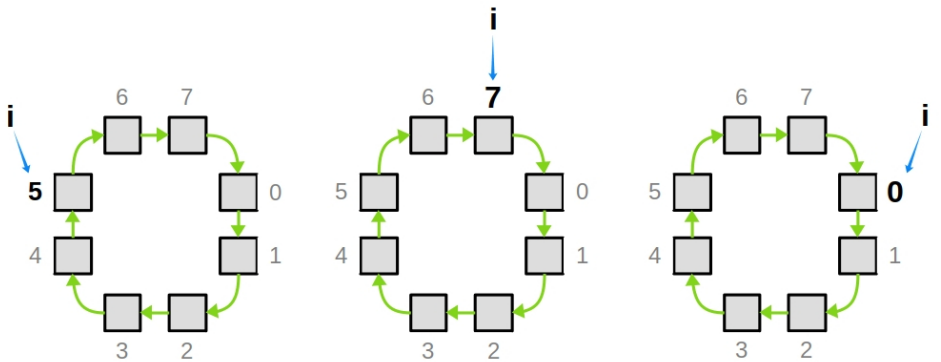
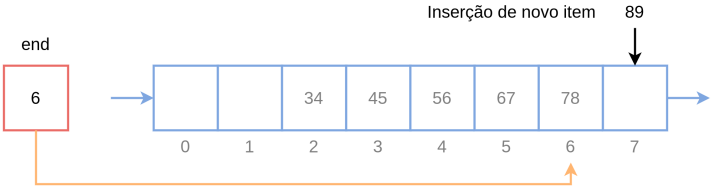


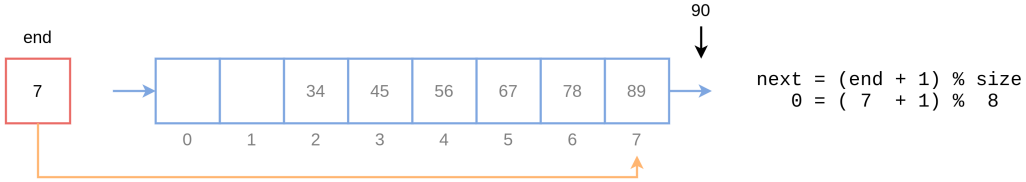
Figura 3: Simulação de vetor circular: após a última posição, o índice volta à primeira.

- Exemplo:

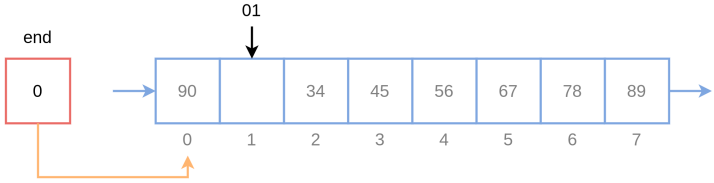



```
next = (end + 1) % size
   7 = ( 6  + 1) %  8
```

- Exemplo:

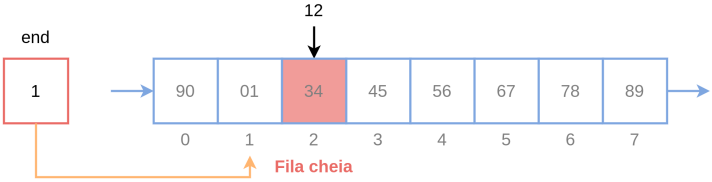


- Exemplo:




```
next = (end + 1) % size
   1 = ( 0  + 1) %  8
```

- Exemplo:



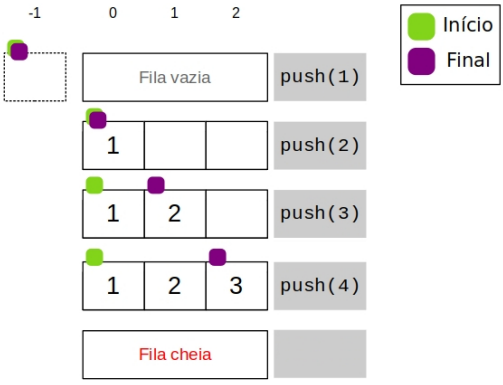

```
next = (end + 1) % size
   2 = ( 1  + 1) %  8
```

- Adicionaremos ao arquivo de implementação da fila **Queue.c** uma função auxiliar que retorna os índices de forma modular de acordo com sua capacidade.

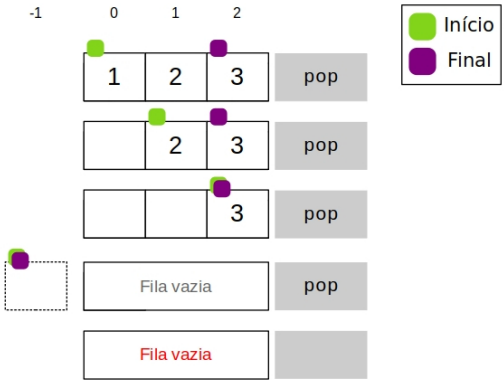
```
1  int Queue_next(Queue *q, int index) {
2      if (queue != NULL && index >= 0)
3              return (index + 1) % queue->size;
4      else
5          return 0;
6  }
```

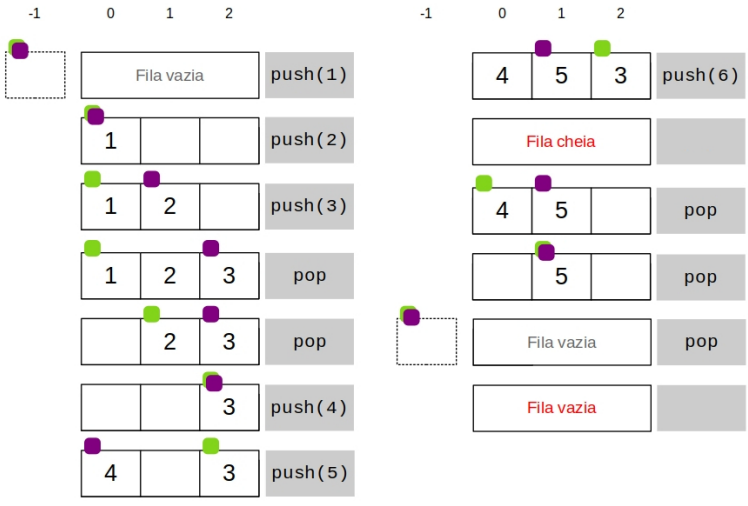
- Quando um índice indicando a última posição desse vetor for avançado, ele voltará a indicar a primeira posição.
- Posições desocupadas por itens removidos da fila podem ser reusadas para a inserção de novos itens.

- **Inserção em fila**
  - Para inserir um item numa fila, primeiro temos que verificar se há espaço.
  - Caso a fila esteja cheia, a inserção é abortada.
  - Do contrário, o item deve ser inserido no final da fila.



- **Remoção em fila**
  - Para remover um item de uma fila, primeiro essa função verifica se a fila está vazia.
  - Caso a fila esteja vazia, a remoção é abortada.
  - Do contrário, o item deve ser removido no início da fila.




-1
0
1
2
Fila vazia
push(1)
1
push(2)
1
2
push(3)
1
2
3
pop
2
3
pop
3
push(4)
4
3
push(5)
-1
0
1
2
4
5
3
push(6)
Fila cheia
4
5
pop
5
pop
Fila vazia
pop
Fila vazia

Exercício 1

O programa do slide 10 não reconhece "Amor a Roma" como uma cadeia palíndroma. Use a função `toupper()`, declarada em `ctype.h` , para resolver esse problema (essa função converte uma letra minúscula em maiúscula).

Exercício 2

O programa a seguir simula o compartilhamento de uma CPU entre vários processos que aguardam numa fila para serem executados. Enquanto a fila não fica vazia, o primeiro processo na fila pode usar a CPU por certo período de tempo. Se nesse período o processo termina, ele é removido da fila; senão, ele volta para o final dela e o próximo processo na fila passa a usar a CPU. Nessa fila, um processo precisa de t unidades de tempo para concluir sua execução. Analise o programa `processQueue.c` e indique a ordem de conclusão dos processos.

Código 2: processQueue.c

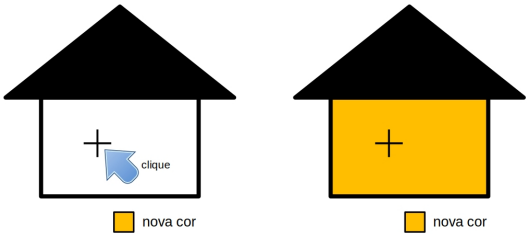
```c
#include <stdio.h>
#include "Queue.h"
#define TIME 3
#define SIZE 4

int main() {
    int p, id, time, procs[SIZE] = {17,25,39,46};
    Queue *q = Queue_alloc(SIZE);
    int i;

    for (i = 0; i < SIZE; i++)
        Queue_push(q, procs[i]);
```

```
14
15      while (!Queue_isEmpty(q)) {
16          p = Queue_pop(q);
17          id = p / 10;
18          time = p % 10
19          time -= TIME;
20
21          if (time > TIME) {
22              p = id*10 + time;
23              Queue_push(q, p);
24          }
25          else
26              printf("Processo %d concluído\n", id);
27      }
28      Queue_free(q);
29      return 0;
30  }
```

- Usaremos o tipo Fila para criar um programa que colore regiões de uma imagem com uma nova cor.
- Essa operação é comum em programas de desenho interativo, como ilustrado na Figura



- **Formação de imagem**
  - Uma imagem é formada por uma matriz bidimensional de pontos luminosos chamados de *pixels* (*picture elements*).
  - Pixels são representados na memória por um número, de acordo com a sua cor na imagem.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1	1	0	0
4	0	1	1	1	1	1	1	1	0
5	0	0	2	0	0	0	2	0	0
6	0	0	2	0	0	0	2	0	0
7	0	0	2	2	2	2	2	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

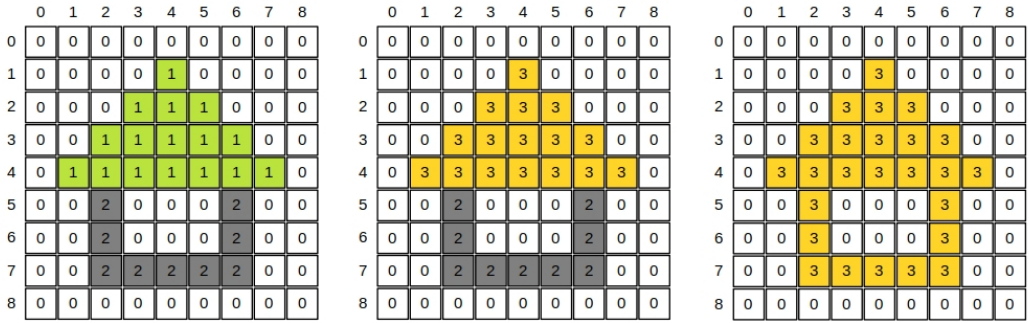
- **Algoritmos de coloração de imagem**
  - Há dois tipos de algoritmos de coloração de imagem:
    1. Coloração limitada por área (*flood-fill*) considera regiões monocromáticas limitadas por bordas policromáticas.

       Dado um pixel **p** de cor **a**, uma nova cor **n** é propagada para todo pixel de cor **a** na vizinhança de **p**.

    2. Coloração limitada por borda (*boundary-fill*) considera regiões policromáticas limitadas por bordas monocromáticas.

       Dado um pixel **p** e uma cor de borda **b**, uma nova cor **n** é propagada para todo pixel de cor distinta de **n** e de **b** na vizinhança de **p**.

- A figura abaixo mostra a diferença entre os resultados obtidos com esses dois tipos de algoritmos.



	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1	1	0	0
4	0	1	1	1	1	1	1	1	0
5	0	0	2	0	0	0	2	0	0
6	0	0	2	0	0	0	2	0	0
7	0	0	2	2	2	2	2	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a) Imagem original

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
2	0	0	0	3	3	3	0	0	0
3	0	0	3	3	3	3	3	0	0
4	0	3	3	3	3	3	3	3	0
5	0	0	2	0	0	0	2	0	0
6	0	0	2	0	0	0	2	0	0
7	0	0	2	2	2	2	2	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) Limitado por área de cor 1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
2	0	0	0	3	3	3	0	0	0
3	0	0	3	3	3	3	3	0	0
4	0	3	3	3	3	3	3	3	0
5	0	0	3	0	0	0	3	0	0
6	0	0	3	0	0	0	3	0	0
7	0	0	3	3	3	3	3	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(c) Limitado por área de cor 0

- **Coloração limitada por área**
  - Os vizinhos de um pixel em uma imagem são aqueles que se encontram acima, à direita, abaixo ou à esquerda dele, como ilustrado na Figura.

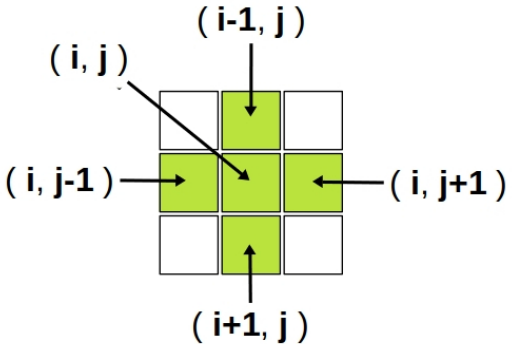


Figura 4: Vizinhança de um pixel numa posição (**i**,**j**) de uma imagem.

- Sejam **p** e **q** dois pixels de mesma cor. Então, **q** está na região de **p** se ele é vizinho de **p** ou de algum outro pixel que está na região de **p**.
- Com base nessa definição, dados um pixel **p** e uma nova cor **n**, a coloração da região de **p** é feita do seguinte modo:

1. Crie uma fila vazia F.
2. Obtenha cor atual a de **p**.
3. Mude a cor de **p** para **n**.
4. Enfileire **p** em F.
5. Enquanto a fila F não estiver vazia, faça:
   - 5.1 Desenfileire um pixel **p** de F.
   - 5.2 Para cada vizinho **q** de **p**, que tenha a cor **a**, faça:
     - 5.2.1 Mude a cor de **q** para **n**.
     - 5.2.2 Enfileire **q** em F.

- A finalidade da fila F nesse processo é manter os pixels já coloridos, até que seus vizinhos possam ser inspecionados e, eventualmente, também coloridos.
- Quando F fica vazia, temos certeza de que todos os pixels de cor **a**, acessíveis a partir de **p**, foram coloridos com a nova cor **n**.

- **Representação e exibição de imagem**
  - A imagem a ser manipulada pelo algoritmo de coloração de regiões será representada por uma matriz de números inteiros positivos.

```
1  #define DIM 9
2
3  int img[DIM][DIM] = {{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
4                       {0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0},
5                       {0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0},
6                       {0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0},
7                       {0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
8                       {0, 0, 2, 0, 0, 0, 2, 0, 0},
9                       {0, 0, 2, 0, 0, 0, 2, 0, 0},
10                      {0, 0, 2, 2, 2, 2, 2, 0, 0},
11                      {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}};
```

- A função `show()`, exibe no vídeo a imagem representada pela matriz `img`.

```
1  void show(int img[DIM][DIM]) {
2      int i, j;
3      for (i = 0; i < DIM; i++) {
4          for (j = 0; j < DIM; j++)
5              color(img[i][j]);
6          printf("\n");
7      }
8  }
```

- A função `color()` é usada para colorir a posição que representa o pixel (i, j).

```
1  enum {BRANCO, VERDE, CINZA, AMARELO, AZUL};
2
3  void color(int color) {
4      switch (color) {
5          case BRANCO  : printf("\e[107m  \e[m"); break;
6          case VERDE   : printf("\e[102m  \e[m"); break;
7          case CINZA   : printf("\e[100m  \e[m"); break;
8          case AMARELO : printf("\e[103m  \e[m"); break;
9          case AZUL    : printf("\e[104m  \e[m"); break;
10     }
11 }
```

Referência externa: https://en.wikipedia.org/wiki/ANSI_escape_code

- Coloração limitada por área

```
1  int pixel(int i, int j) {
2      return i * DIM + j;
3  }
4
5  void coloringArea(int img[DIM][DIM], int i, int j, int n) {
6      Queue *q = Queue_alloc(DIM*DIM);
7      int p, a = img[i][j];
8
9      img[i][j] = n;
10     Queue_push(q, pixel(i, j));
11
12     while (!Queue_isEmpty(q) && a != n) {
13         p = Queue_pop(q);
14         i = p / DIM;
15         j = p % DIM;
```

```
18          if (img[i][j+1] == a) {
19              img[i][j+1] = n;
20              Queue_push(q, pixel(i, j+1));
21          }
22          if (img[i+1][j] == a) {
23              img[i+1][j] = n;
24              Queue_push(q, pixel(i+1, j));
25          }
26          if (i > 0)
27              if (img[i-1][j] == a) {
28                  img[i-1][j] = n;
29                  Queue_push(q, pixel(i-1, j));
30              }
31          if (j > 0)
32              if (img[i][j-1] == a) {
33                  img[i][j-1] = n;
34                  Queue_push(q, pixel(i, j-1));
35              }
36      }
37      Queue_free(q);
38  }
```

Exercício 3

Crie `void initImage(int I[9][9], char *s)` uma função que inicia uma matriz **I** de 9 linhas por 9 colunas com dados lidos de um arquivo de texto, cujo nome é dado pela cadeia **s**. Por exemplo, para iniciar uma matriz com os dados do arquivo **image.txt**, basta fazer a chamada `initImage(I,"image.txt")`. Usando essa função, crie um programa que leia uma imagem de um arquivo do usuário.

Código 3: Arquivo image.txt

```
2 2 2 2 3 2 2 2 2
2 2 2 3 3 3 2 2 2
2 2 3 3 1 3 3 2 2
2 3 3 1 1 1 3 3 2
3 3 1 1 4 1 1 3 3
2 3 3 1 1 1 3 3 2
2 2 3 3 1 3 3 2 2
2 2 2 3 3 3 2 2 2
2 2 2 2 3 2 2 2 2
```

Exercício 4

Usando **coloração limitada por borda**, crie uma versão da função `coloringImage` apresentada no slide 36 e faça um programa para testá-la.