MC-202
Filas e Pilhas

Rafael C. S. Schouery
rafael@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

2º semestre/2018

Filas

- Uma impressora é compartilhada em um laboratório
- Alunos enviam documentos quase ao mesmo tempo

Filas

- Uma impressora é compartilhada em um laboratório
- Alunos enviam documentos quase ao mesmo tempo

Como gerenciar a lista de tarefas de impressão?

Fila

Fila:

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo:

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Desenfileira()`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Desenfileira()`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Enfileira(`  `)`

Fila

Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Desenfileira()`

Fila

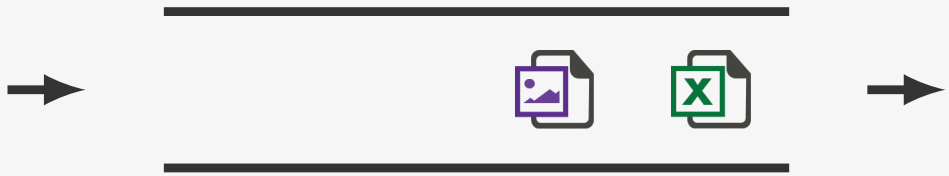
Fila:

- Remove primeiro objetos inseridos há mais tempo
- FIFO (*first-in first-out*): primeiro a entrar é primeiro a sair

Operações:

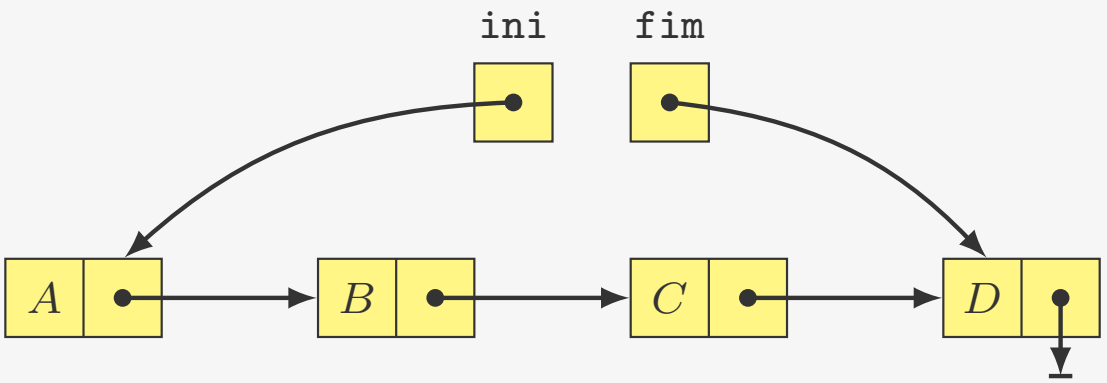
- Enfileira (*queue*): adiciona item no “fim”
- Desenfileira (*dequeue*): remove item do “início”

Exemplo: `Desenfileira()`

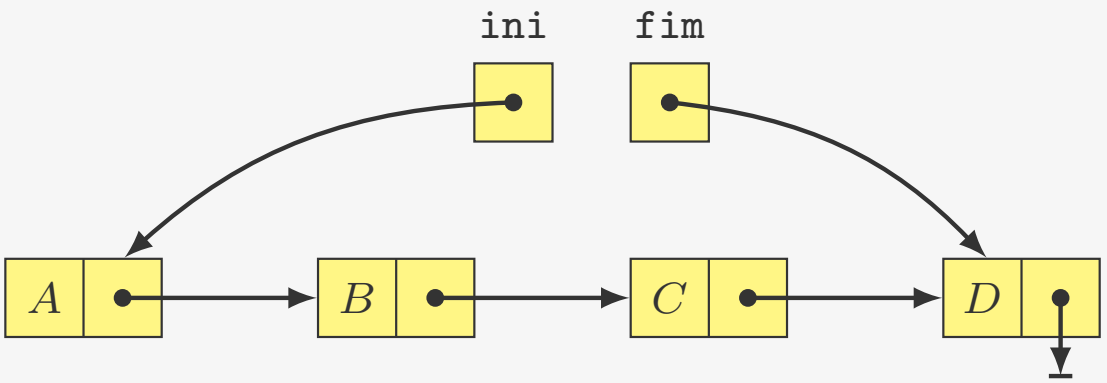


Fila: implementação com lista ligada

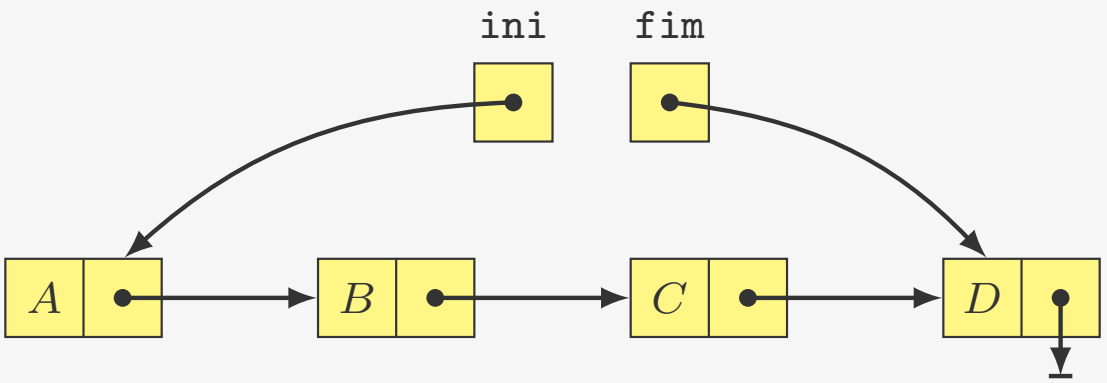
Fila: implementação com lista ligada



Fila: implementação com lista ligada

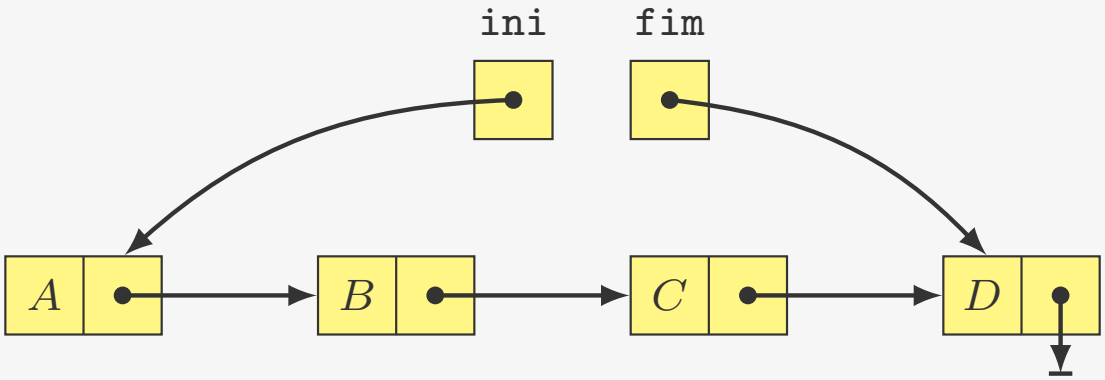


Fila: implementação com lista ligada



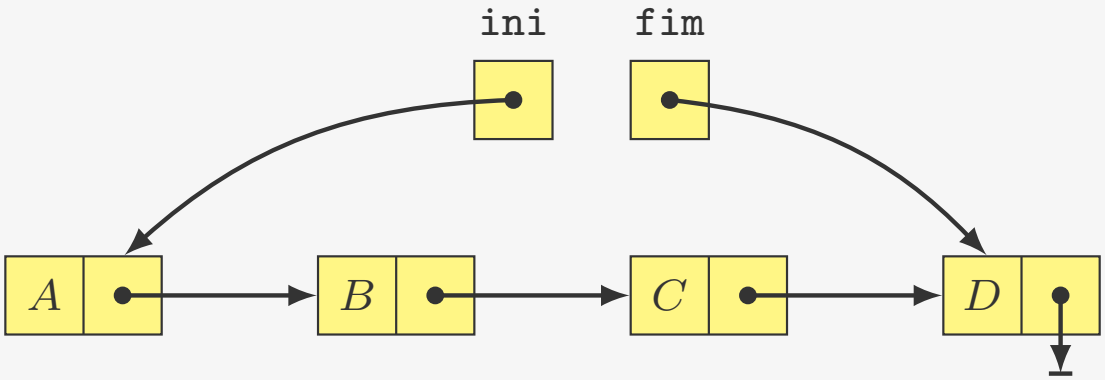

```
1 typedef struct {
2   p_no ini, fim;
3 } Fila;
4
5 typedef Fila * p_fila;
```

Fila: implementação com lista ligada



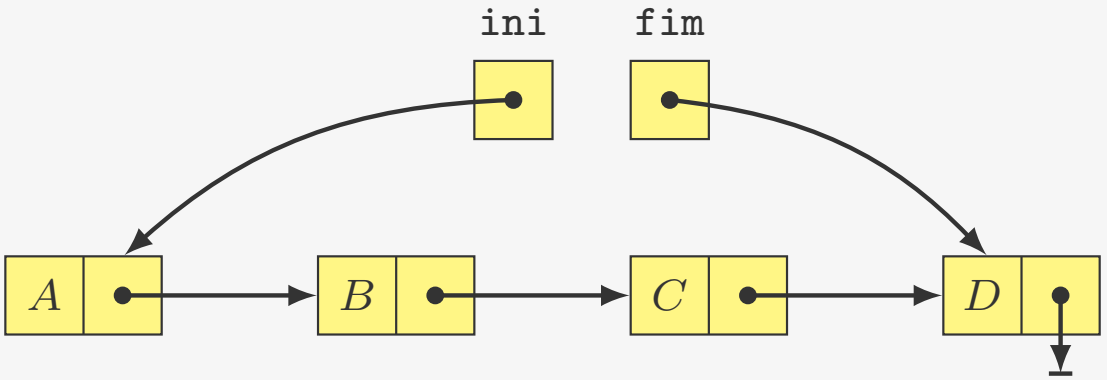

```
1 p_fila criar_fila() {
```

Fila: implementação com lista ligada



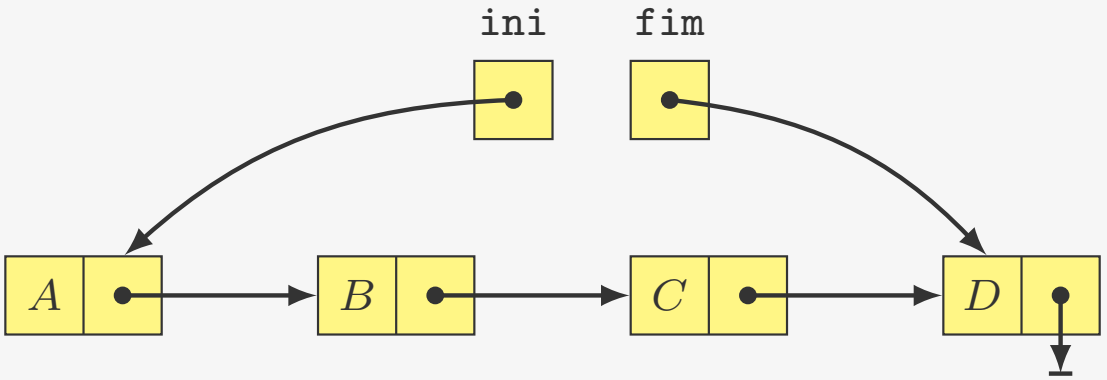

```
1 p_fila criar_fila() {
```

Fila: implementação com lista ligada



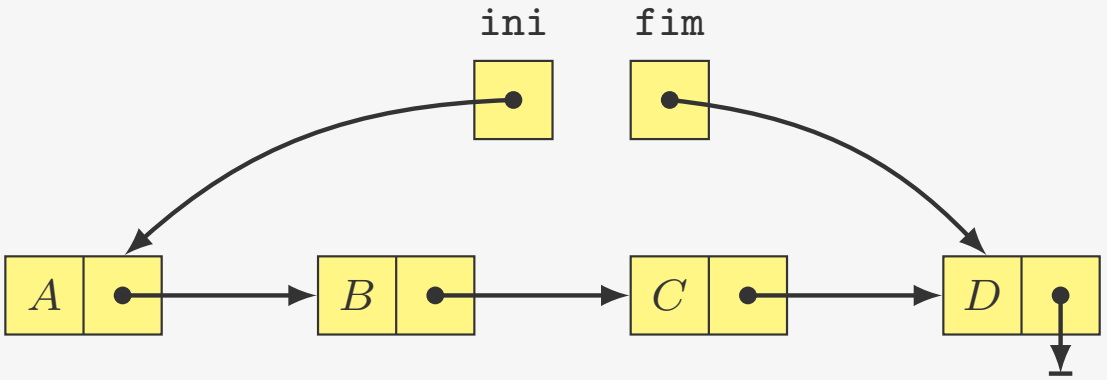

```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
```

Fila: implementação com lista ligada



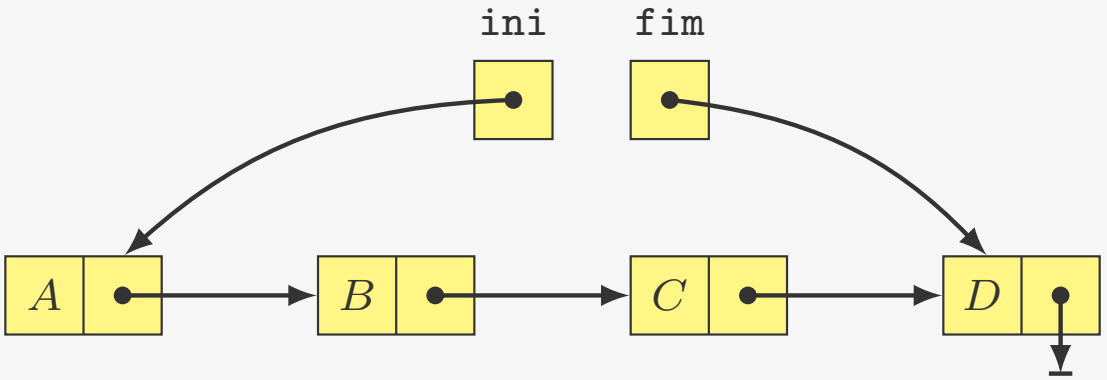

```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
```

Fila: implementação com lista ligada



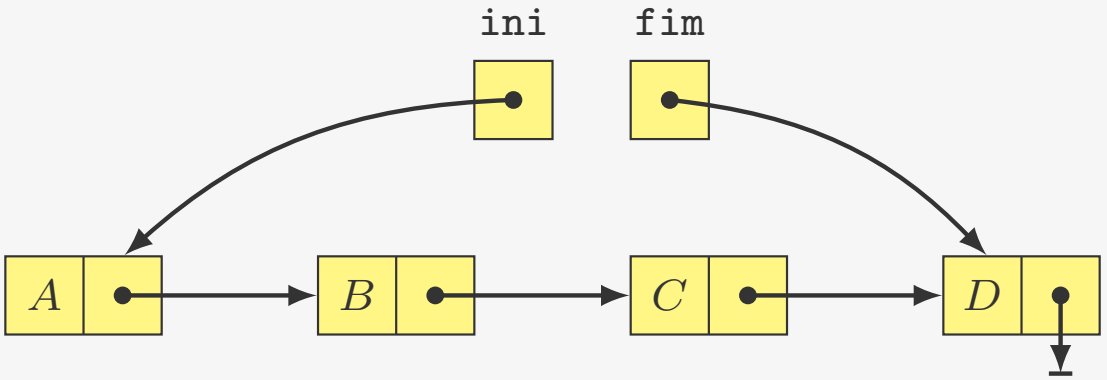

```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->ini = NULL;
5   f->fim = NULL;
```

Fila: implementação com lista ligada




```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->ini = NULL;
5   f->fim = NULL;
6   return f;
7 }
```

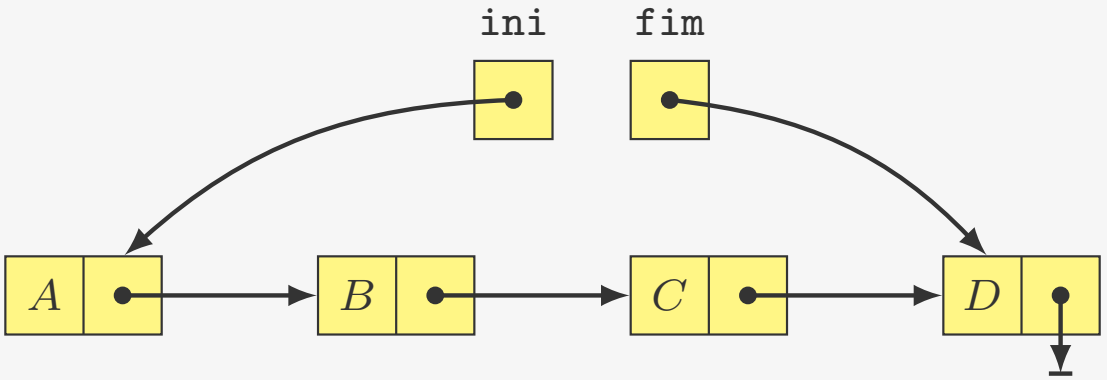
Fila: implementação com lista ligada




```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->ini = NULL;
5   f->fim = NULL;
6   return f;
7 }
```

```
1 void destruir_fila(p_fila f) {
```

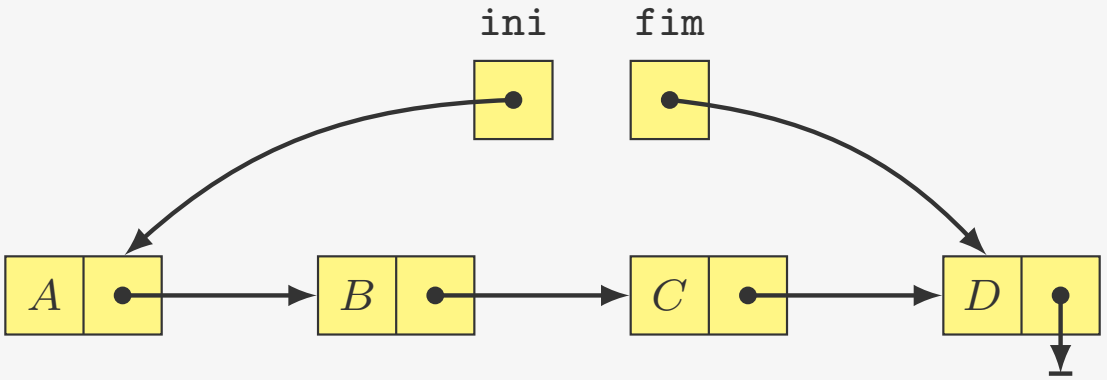
Fila: implementação com lista ligada




```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->ini = NULL;
5   f->fim = NULL;
6   return f;
7 }
```

```
1 void destruir_fila(p_fila f) {
2   destruir_lista(f->ini);
```

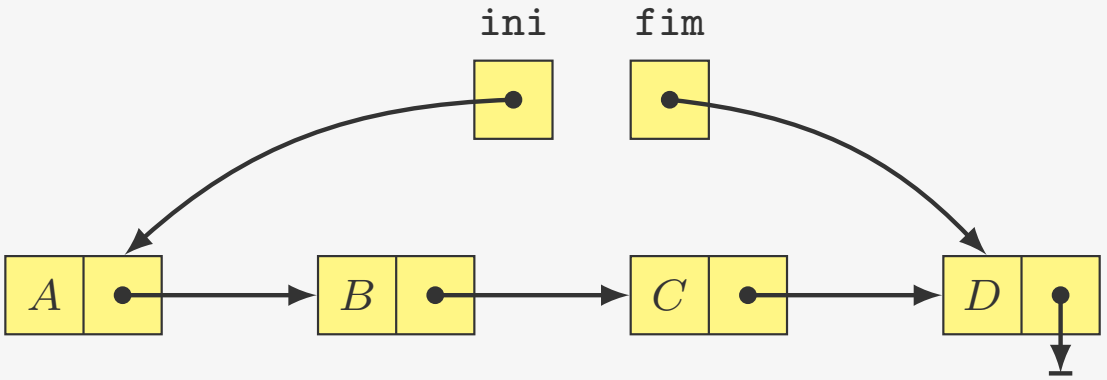
Fila: implementação com lista ligada



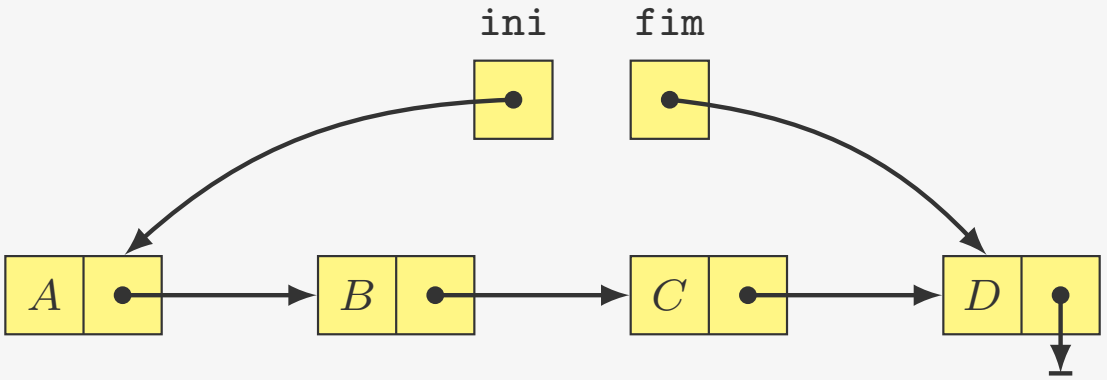

```
1 p_fila criar_fila() {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->ini = NULL;
5   f->fim = NULL;
6   return f;
7 }
```

```
1 void destruir_fila(p_fila f) {
2   destruir_lista(f->ini);
3   free(f);
4 }
```

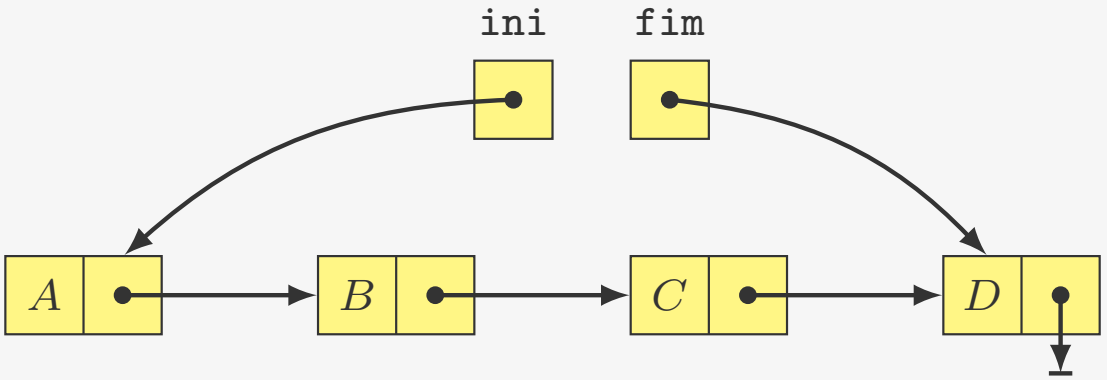
Fila: implementação com lista ligada



Fila: implementação com lista ligada



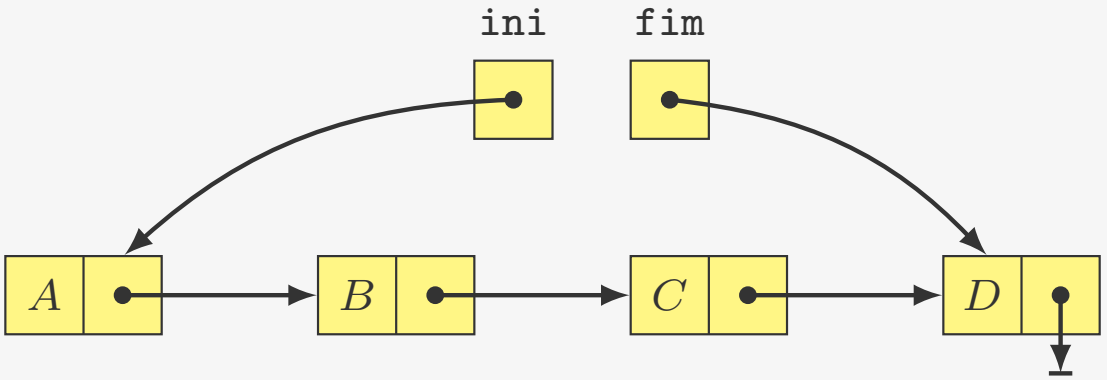
Fila: implementação com lista ligada



Insere no final:

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
```

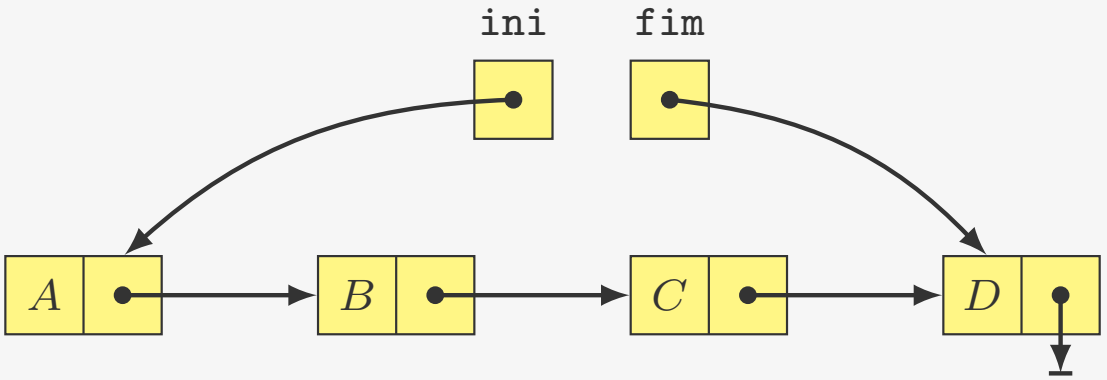
Fila: implementação com lista ligada



Insere no final:

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   p_no novo;
3   novo = malloc(sizeof(No));
4   novo->dado = x;
5   novo->prox = NULL;
```

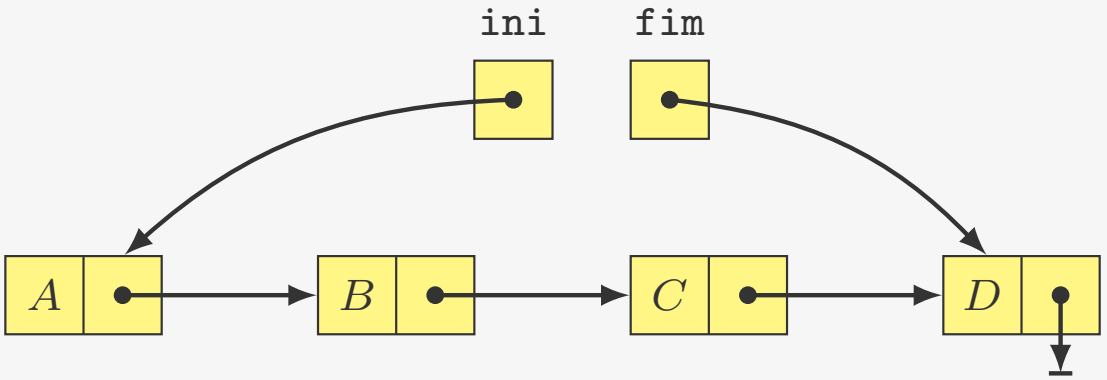
Fila: implementação com lista ligada



Insere no final:

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   p_no novo;
3   novo = malloc(sizeof(No));
4   novo->dado = x;
5   novo->prox = NULL;
6   if (f->ini == NULL)
7     f->ini = novo;
```

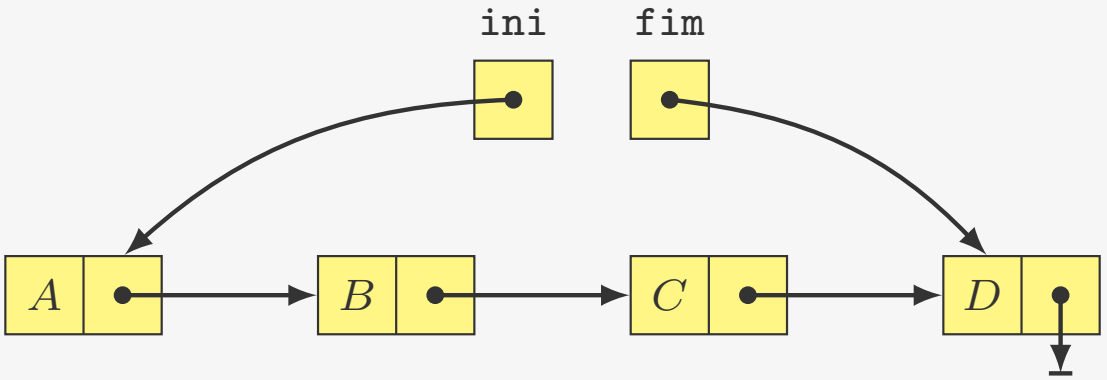
Fila: implementação com lista ligada



Insere no final:

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   p_no novo;
3   novo = malloc(sizeof(No));
4   novo->dado = x;
5   novo->prox = NULL;
6   if (f->ini == NULL)
7     f->ini = novo;
8   else
9     f->fim->prox = novo;
```

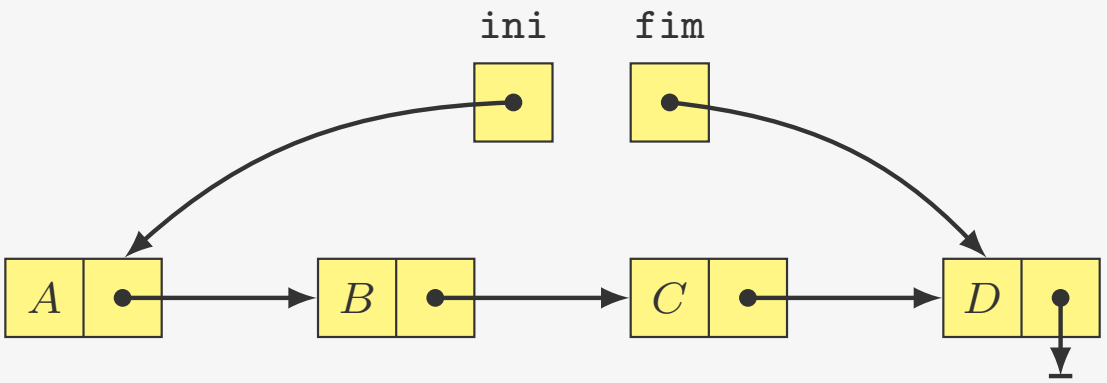
Fila: implementação com lista ligada



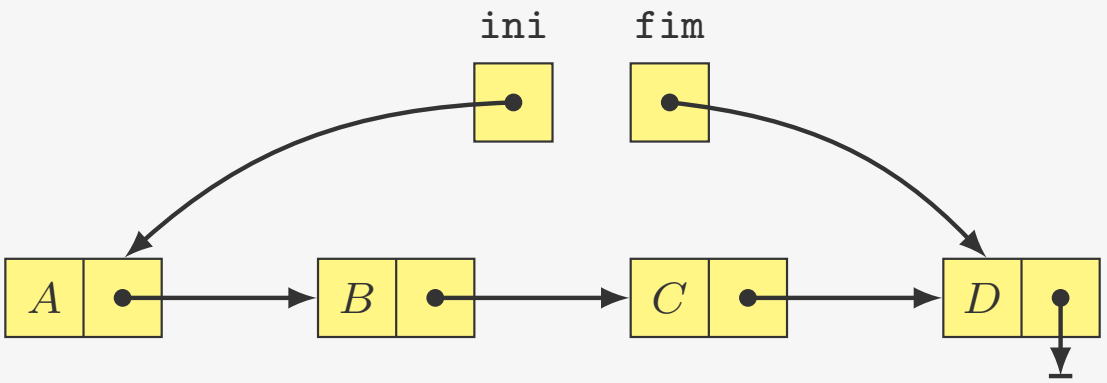
Insere no final:

```
1  void enfileira(p_fila f, int x) {
2    p_no novo;
3    novo = malloc(sizeof(No));
4    novo->dado = x;
5    novo->prox = NULL;
6    if (f->ini == NULL)
7      f->ini = novo;
8    else
9      f->fim->prox = novo;
10   f->fim = novo;
11 }
```

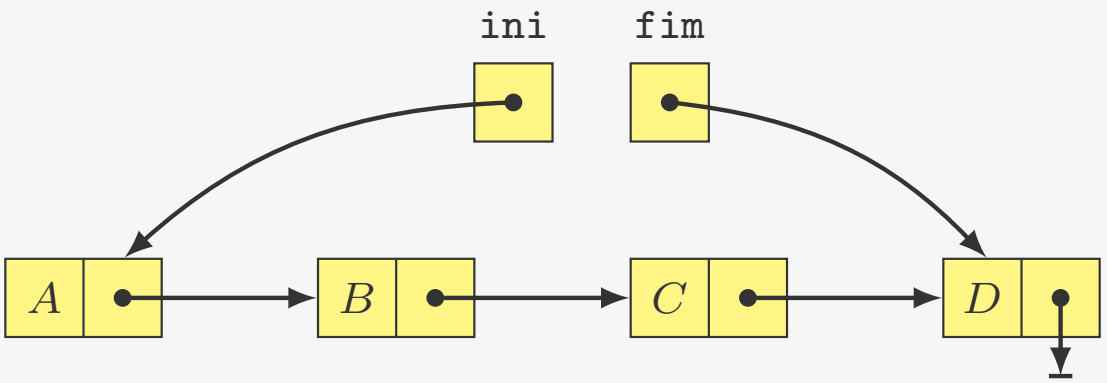
Fila: implementação com lista ligada



Fila: implementação com lista ligada



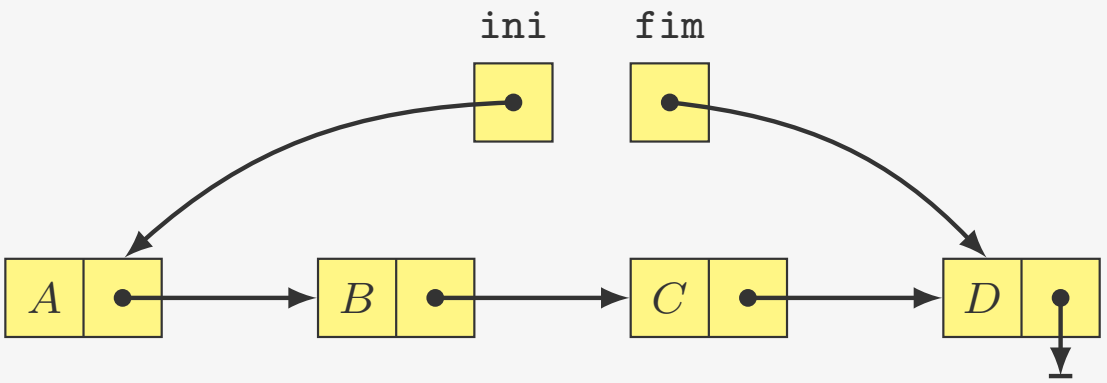
Fila: implementação com lista ligada



Remove do início:

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
```

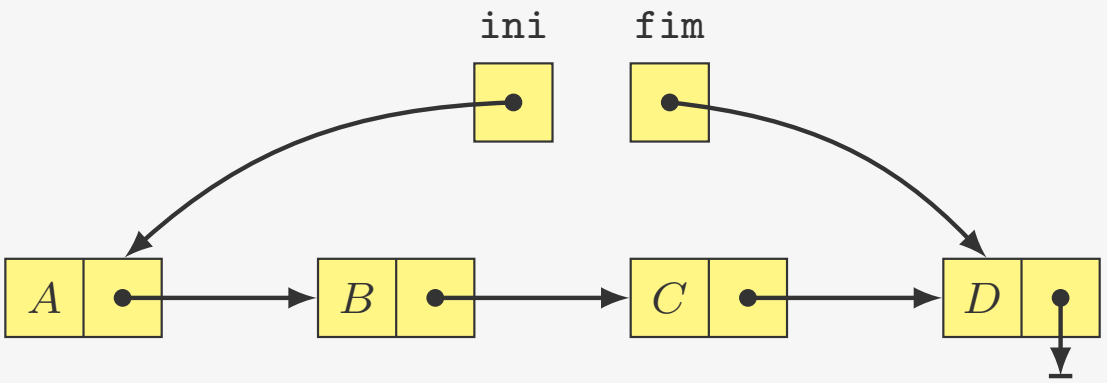
Fila: implementação com lista ligada



Remove do início:

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   p_no primeiro = f->ini;
```

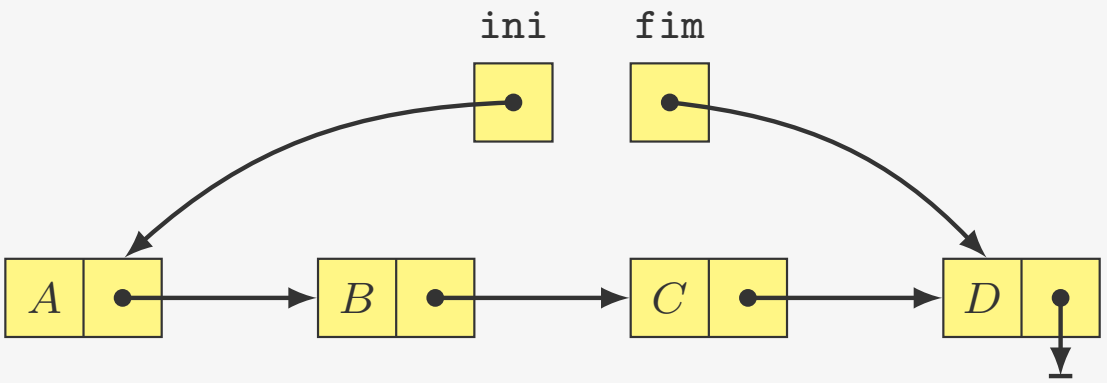
Fila: implementação com lista ligada



Remove do início:

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   p_no primeiro = f->ini;
3   int x = primeiro->dado;
```

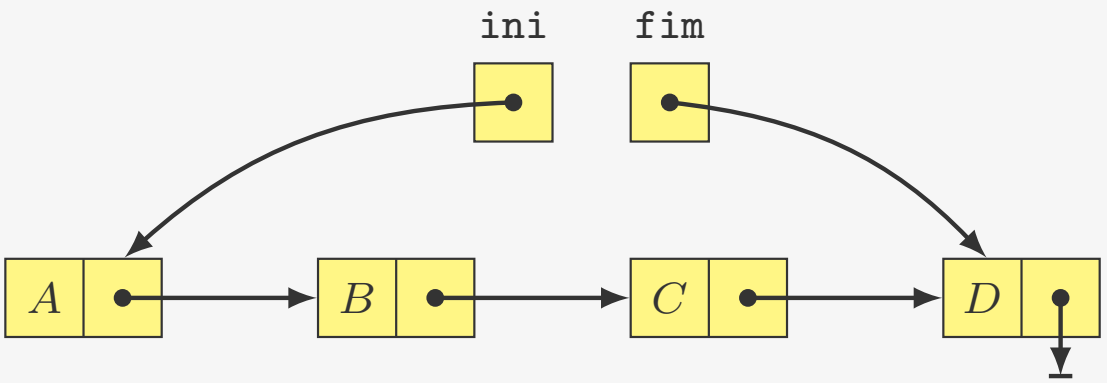
Fila: implementação com lista ligada



Remove do início:

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   p_no primeiro = f->ini;
3   int x = primeiro->dado;
4   f->ini = f->ini->prox;
```

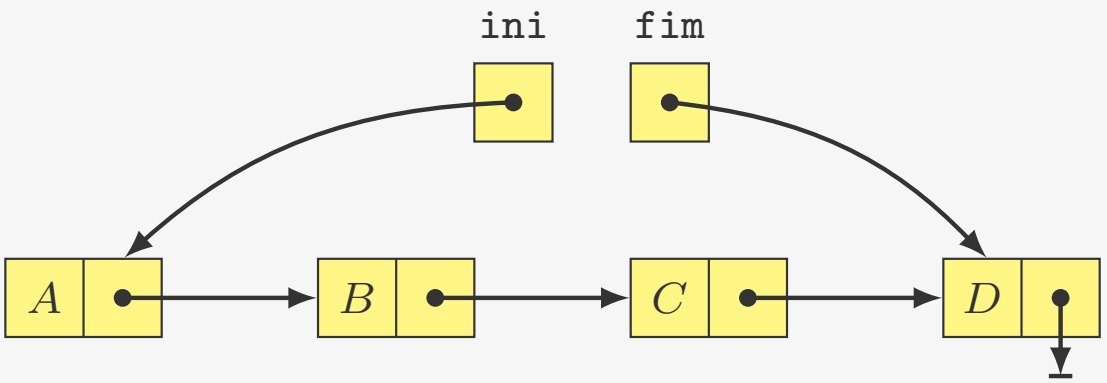
Fila: implementação com lista ligada



Remove do início:

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   p_no primeiro = f->ini;
3   int x = primeiro->dado;
4   f->ini = f->ini->prox;
5   if (f->ini == NULL)
6     f->fim = NULL;
7   free(primeiro);
```

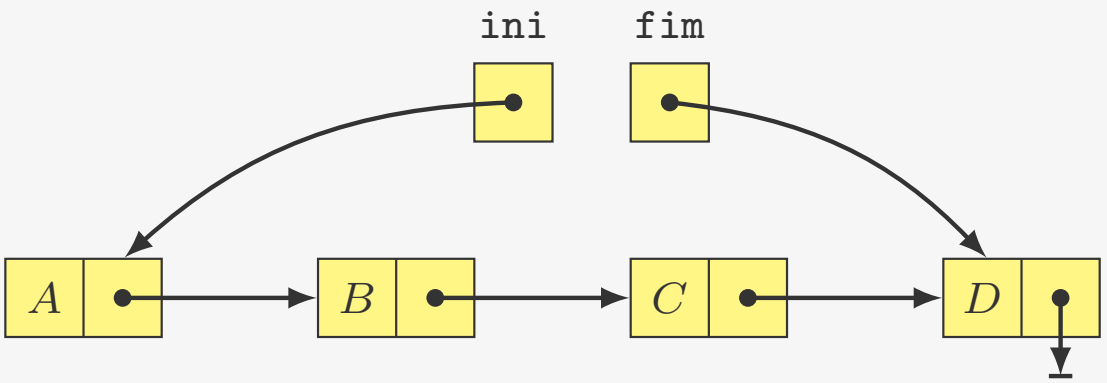
Fila: implementação com lista ligada



Remove do início:

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   p_no primeiro = f->ini;
3   int x = primeiro->dado;
4   f->ini = f->ini->prox;
5   if (f->ini == NULL)
6     f->fim = NULL;
7   free(primeiro);
8   return x;
9 }
```

Fila: implementação com lista ligada

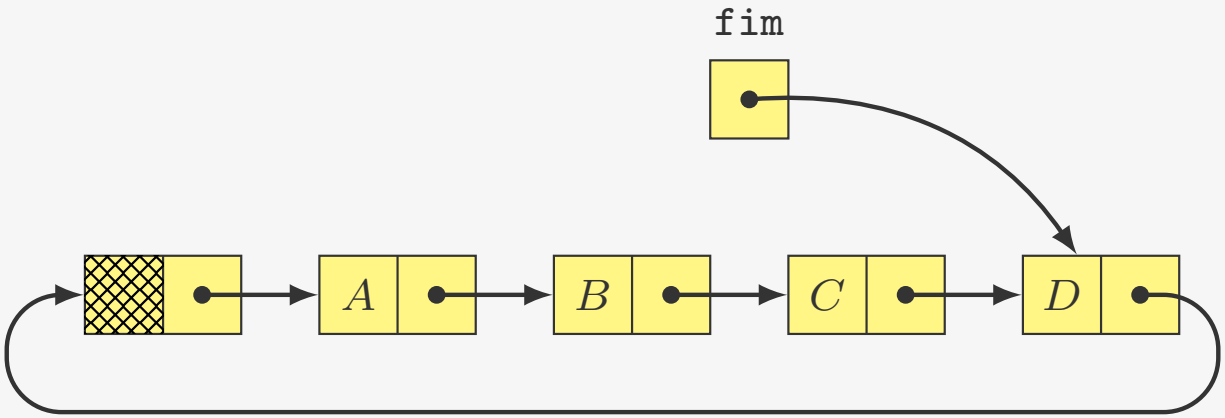


Remove do início:

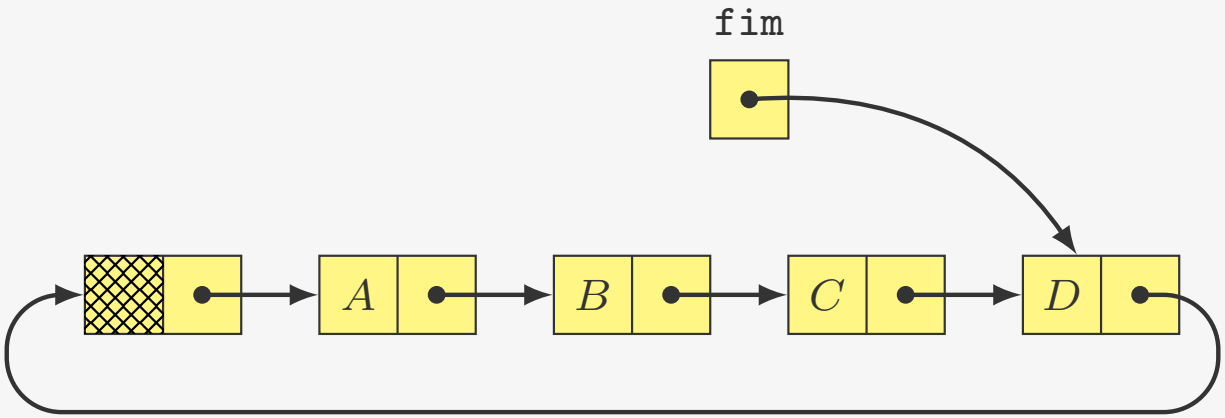
```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   p_no primeiro = f->ini;
3   int x = primeiro->dado;
4   f->ini = f->ini->prox;
5   if (f->ini == NULL)
6     f->fim = NULL;
7   free(primeiro);
8   return x;
9 }
```

Supõe que a lista não é vazia...

Fila: implementação com lista ligada (outra opção)

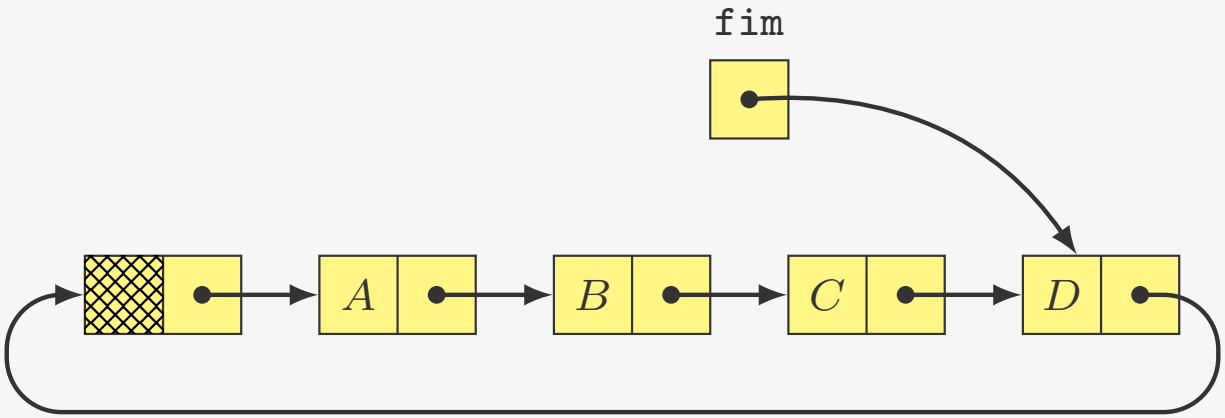


Fila: implementação com lista ligada (outra opção)



Enfileira:

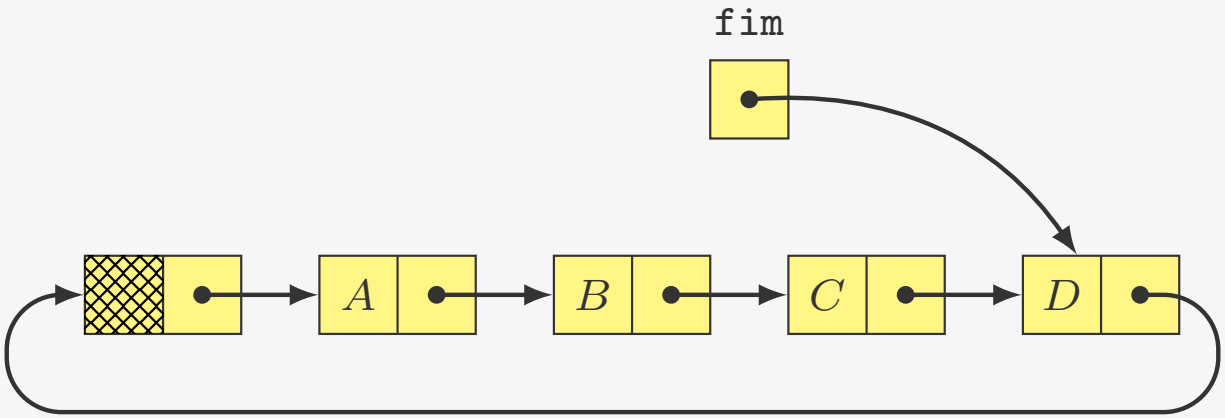
Fila: implementação com lista ligada (outra opção)



Enfileira:

- Atualizar o campo `prox` de `fim`

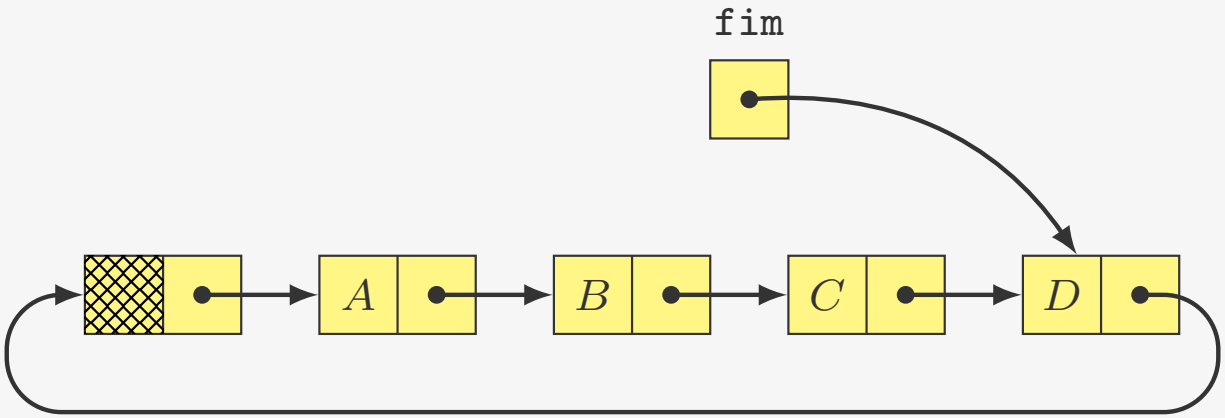
Fila: implementação com lista ligada (outra opção)



Enfileira:

- Atualizar o campo `prox` de `fim`
- Mudar `fim` para apontar para o novo nó

Fila: implementação com lista ligada (outra opção)

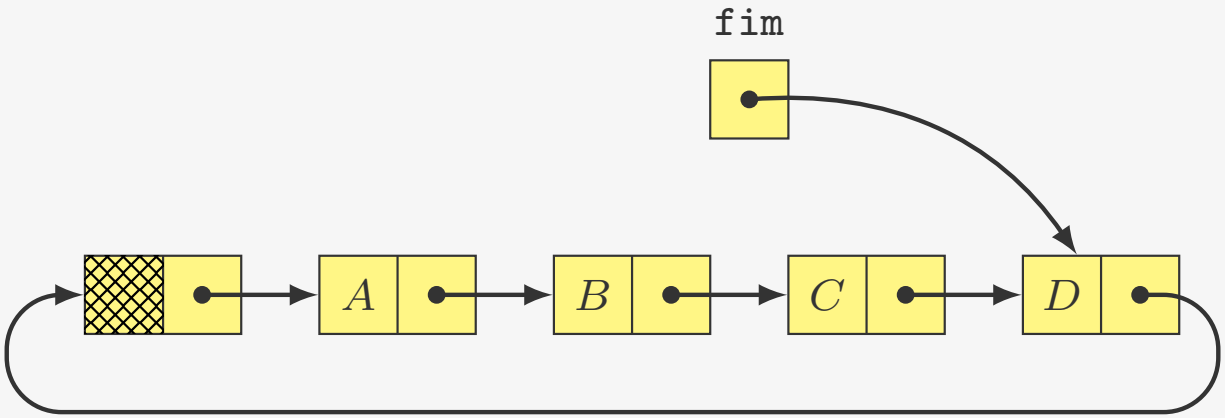


Enfileira:

- Atualizar o campo `prox` de `fim`
- Mudar `fim` para apontar para o novo nó

Desenfileira:

Fila: implementação com lista ligada (outra opção)



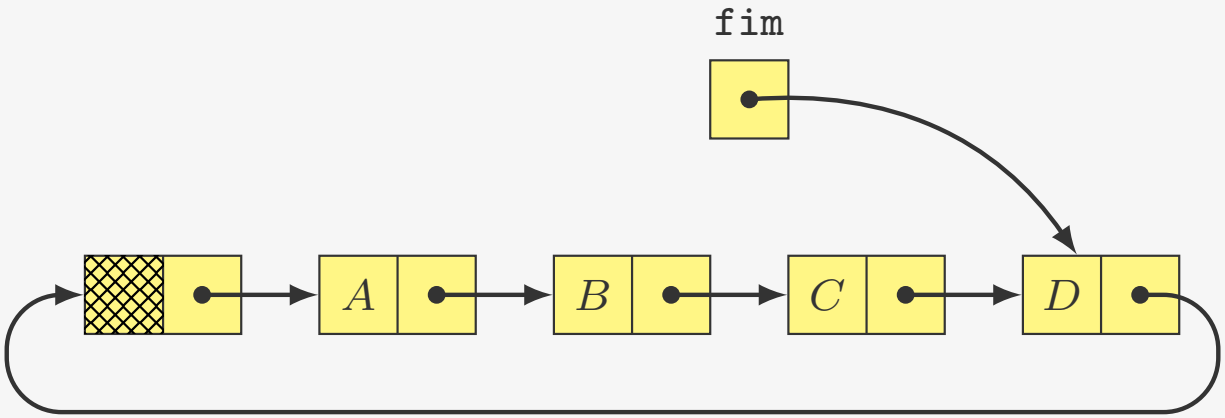
Enfileira:

- Atualizar o campo `prox` de `fim`
- Mudar `fim` para apontar para o novo nó

Desenfileira:

- Basta remover o nó seguinte ao nó dummy

Fila: implementação com lista ligada (outra opção)



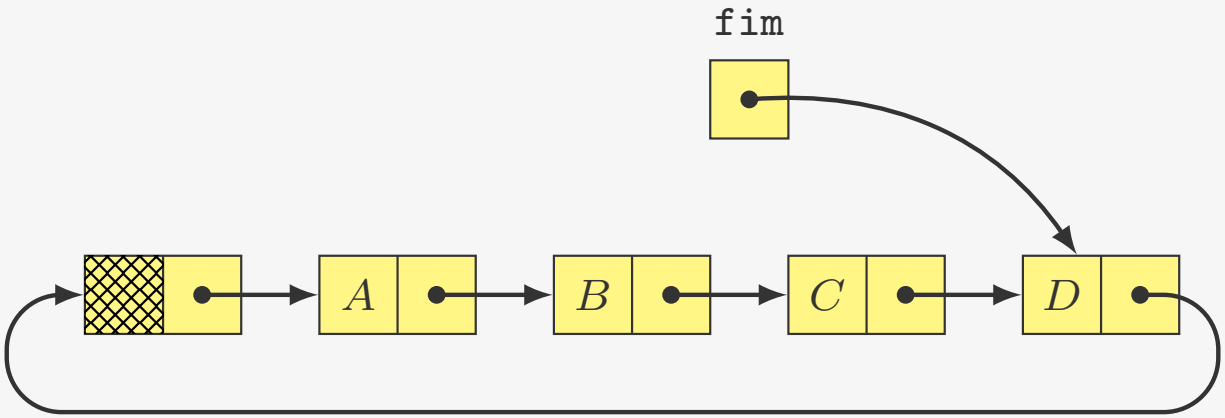
Enfileira:

- Atualizar o campo `prox` de `fim`
- Mudar `fim` para apontar para o novo nó

Desenfileira:

- Basta remover o nó seguinte ao nó dummy
  - i.e., `fim->prox->prox`

Fila: implementação com lista ligada (outra opção)



Enfileira:

- Atualizar o campo `prox` de `fim`
- Mudar `fim` para apontar para o novo nó

Desenfileira:

- Basta remover o nó seguinte ao nó dummy
  - i.e., `fim->prox->prox`

Exercício: implemente em C essa versão de fila

Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$

Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

- Variável `ini` indica o começa da fila

Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

- Variável `ini` indica o começa da fila
- Variável `fim` indica o fim da fila

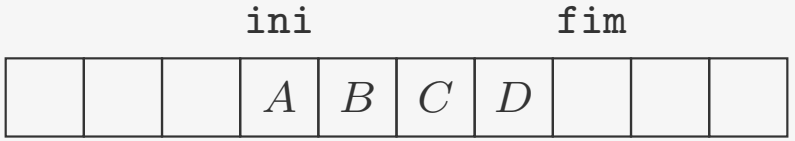
Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

- Variável `ini` indica o começa da fila
- Variável `fim` indica o fim da fila



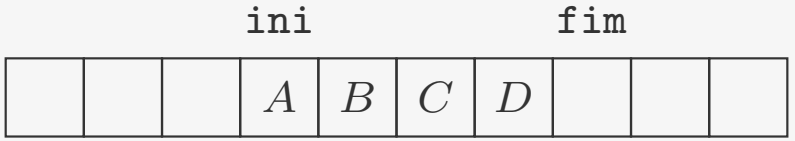
Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

- Variável `ini` indica o começa da fila
- Variável `fim` indica o fim da fila



E se, ao inserir, tivermos espaço apenas à esquerda de `ini`?

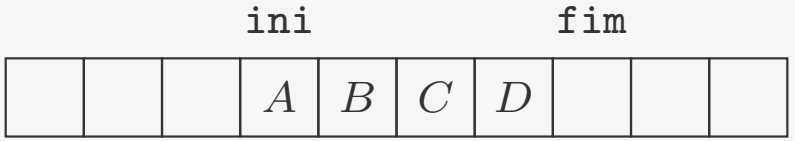
Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

- Variável `ini` indica o começa da fila
- Variável `fim` indica o fim da fila



E se, ao inserir, tivermos espaço apenas à esquerda de `ini`?

- podemos mover toda a fila para o começo do vetor

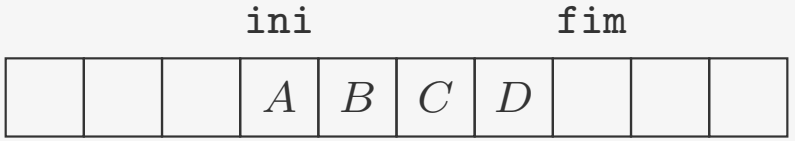
Fila: implementação com vetor

Primeira ideia:

- Inserimos no final do vetor: $\mathrm{O}(1)$
- Removemos do começo do vetor: $\mathrm{O}(n)$

Segunda ideia:

- Variável `ini` indica o começa da fila
- Variável `fim` indica o fim da fila



E se, ao inserir, tivermos espaço apenas à esquerda de `ini`?

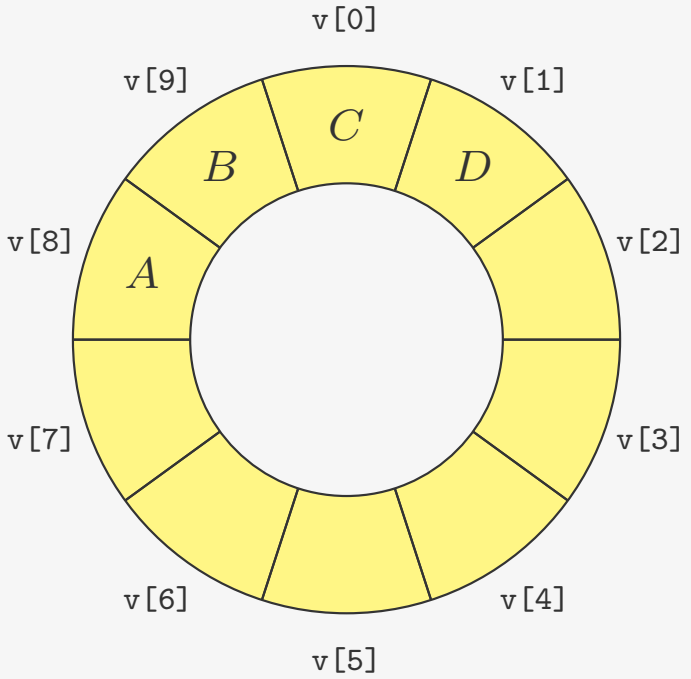
- podemos mover toda a fila para o começo do vetor
- mas isso leva tempo $\mathrm{O}(n)$...

Fila: implementação com vetor (fila circular)

Solução: considerar o vetor de tamanho `N` de maneira circular

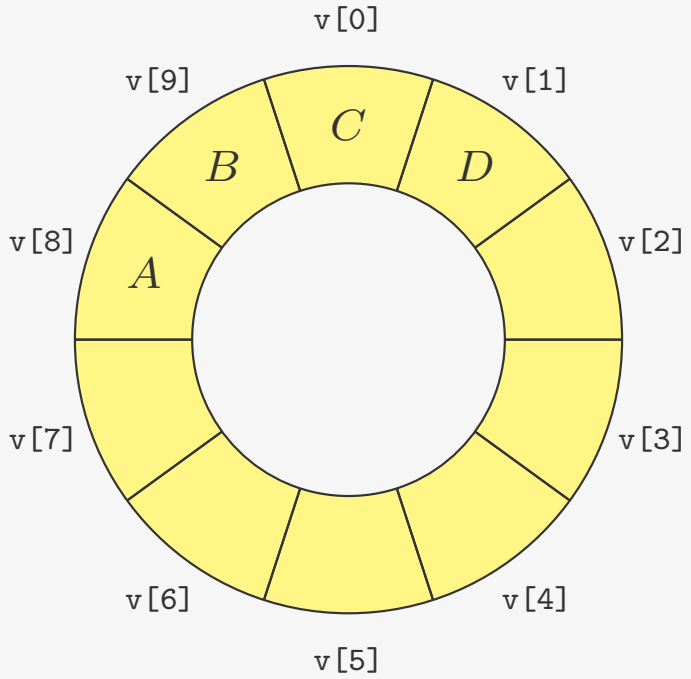
Fila: implementação com vetor (fila circular)

Solução: considerar o vetor de tamanho `N` de maneira circular



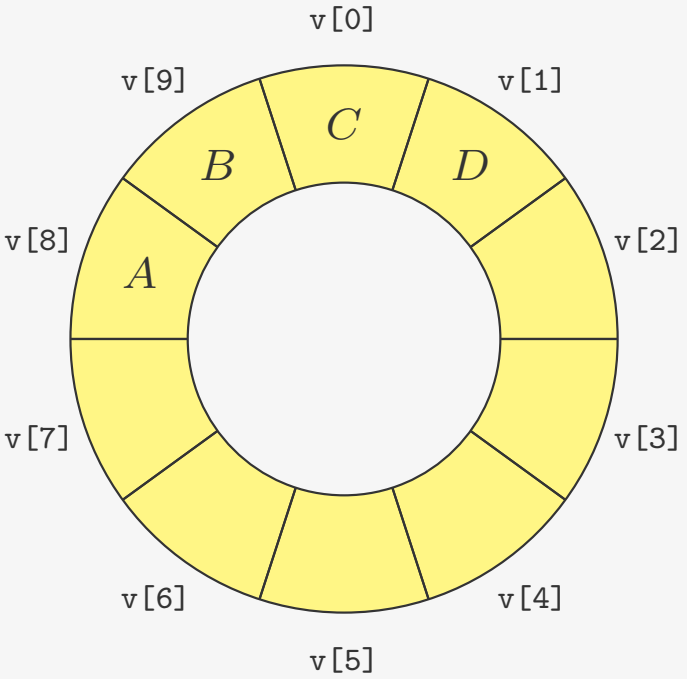
Fila: implementação com vetor (fila circular)

Solução: considerar o vetor de tamanho `N` de maneira circular



As manipulações de índices são realizadas módulo `N`

Fila circular - Estrutura



ini = 8

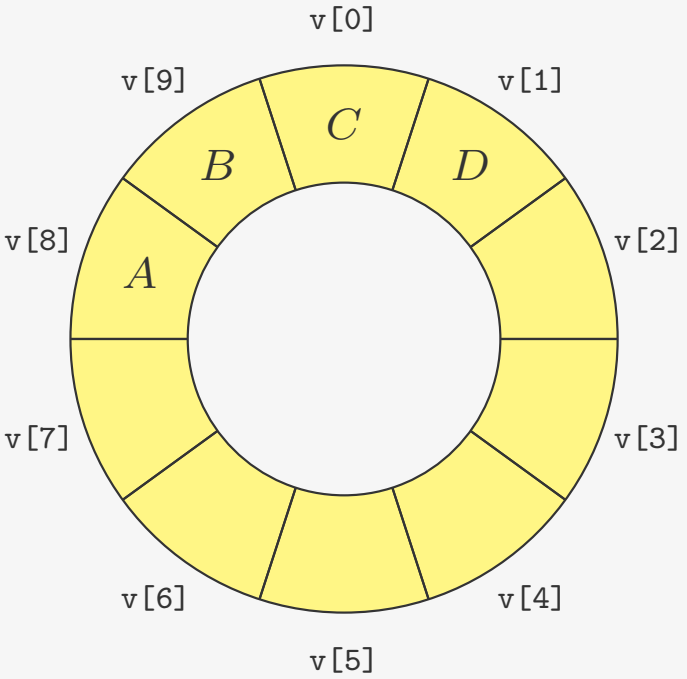
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int ini, fim, N, tamanho;
4 } Fila;
5
6 typedef Fila * p_fila;
```

Fila circular - Estrutura



ini = 8

fim = 2

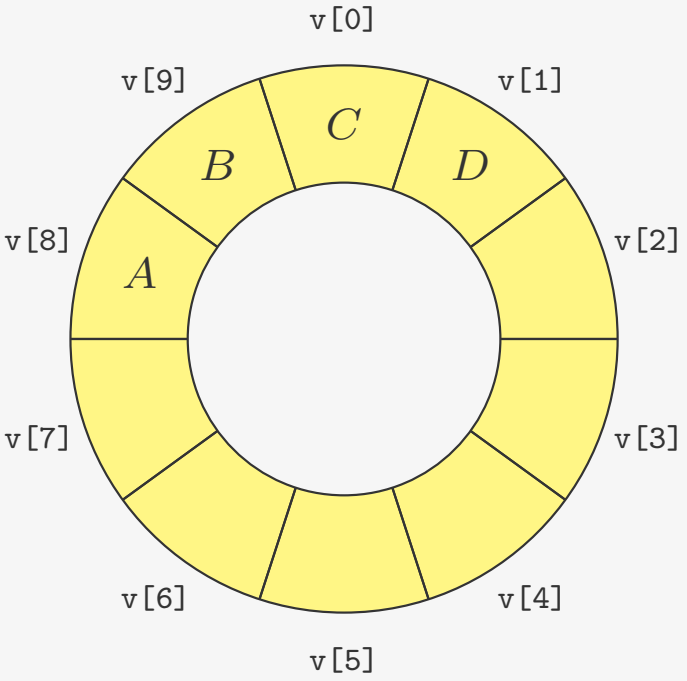
N = 10

tamanho = 4

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int ini, fim, N, tamanho;
4 } Fila;
5
6 typedef Fila * p_fila;
```

vetor para armazenar os dados

Fila circular - Estrutura



ini = 8

fim = 2

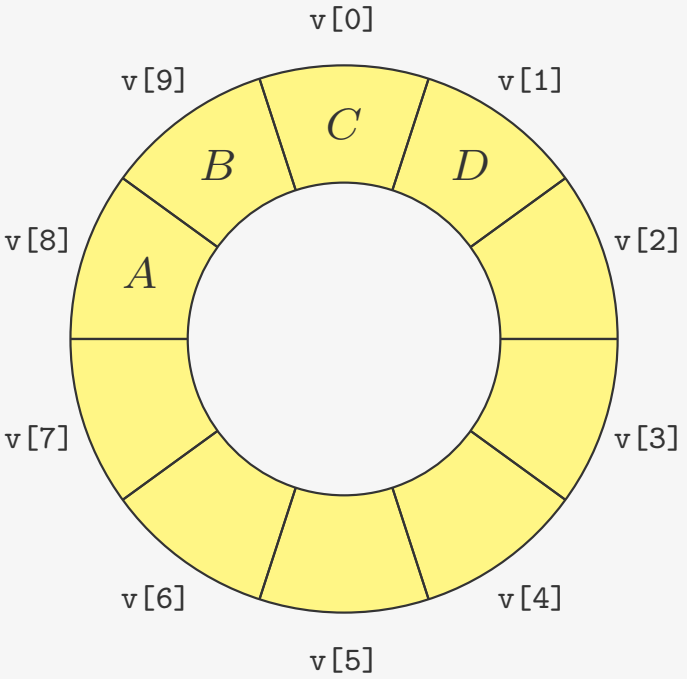
N = 10

tamanho = 4

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int ini, fim, N, tamanho;
4 } Fila;
5
6 typedef Fila * p_fila;
```

início da fila (posição da próxima remoção)

Fila circular - Estrutura



ini = 8

fim = 2

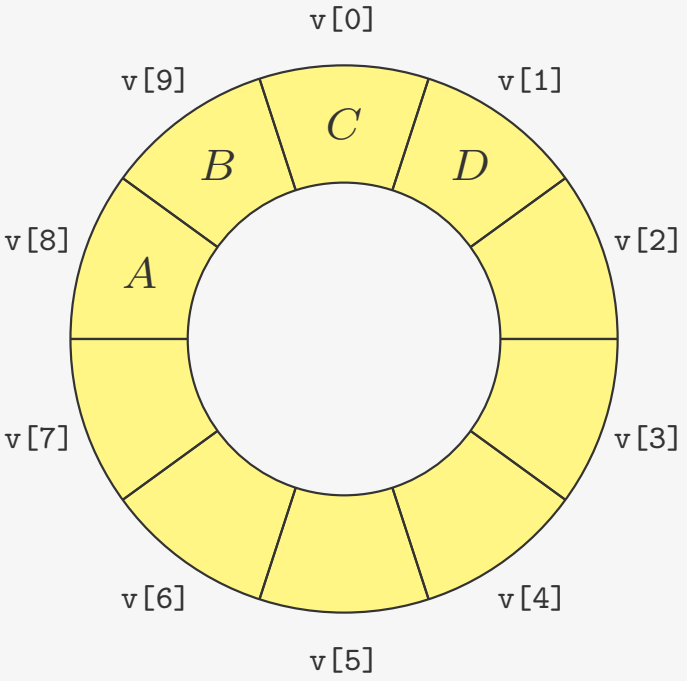
N = 10

tamanho = 4

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int ini, fim, N, tamanho;
4 } Fila;
5
6 typedef Fila * p_fila;
```

fim da fila (posição da próxima inserção)

Fila circular - Estrutura



ini = 8

fim = 2

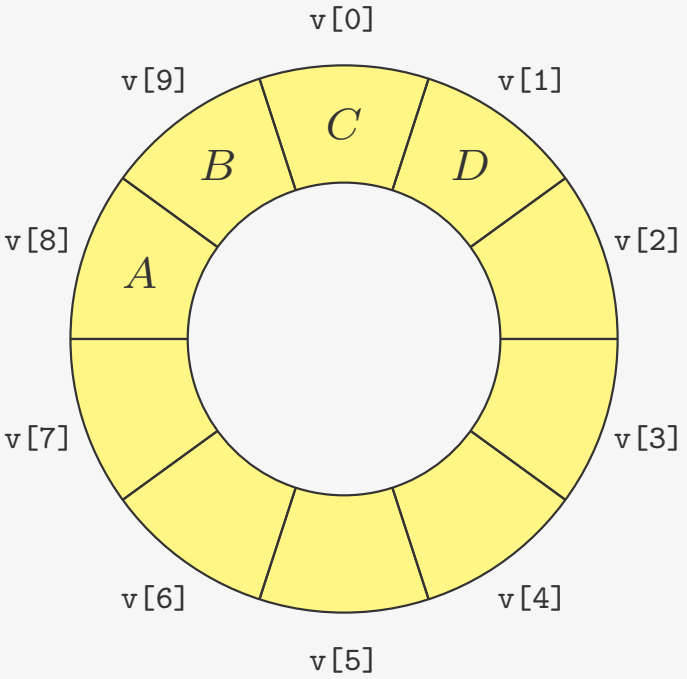
N = 10

tamanho = 4

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int ini, fim, N, tamanho;
4 } Fila;
5
6 typedef Fila * p_fila;
```

tamanho do vetor alocado

Fila circular - Estrutura

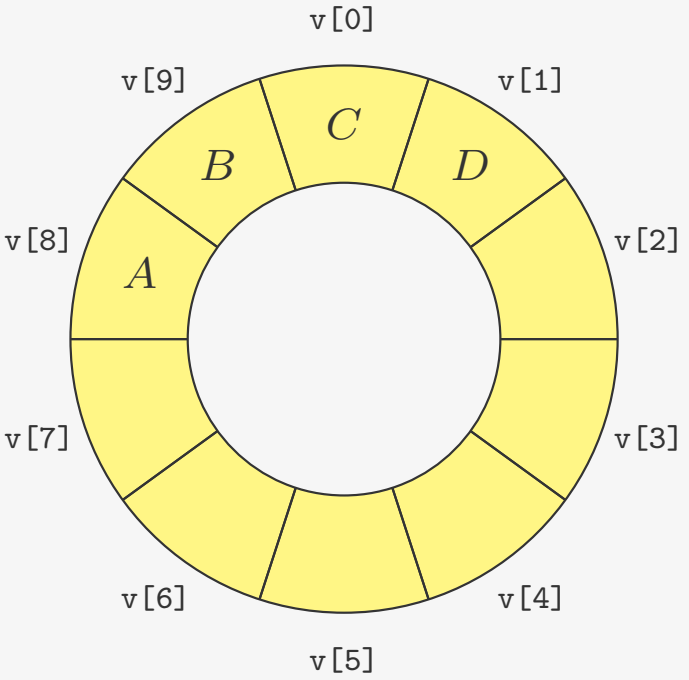



```
ini = 8

fim = 2

N = 10

tamanho = 4
```

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int ini, fim, N, tamanho;
4 } Fila;
5
6 typedef Fila * p_fila;
```

tamanho da fila (número de elementos)

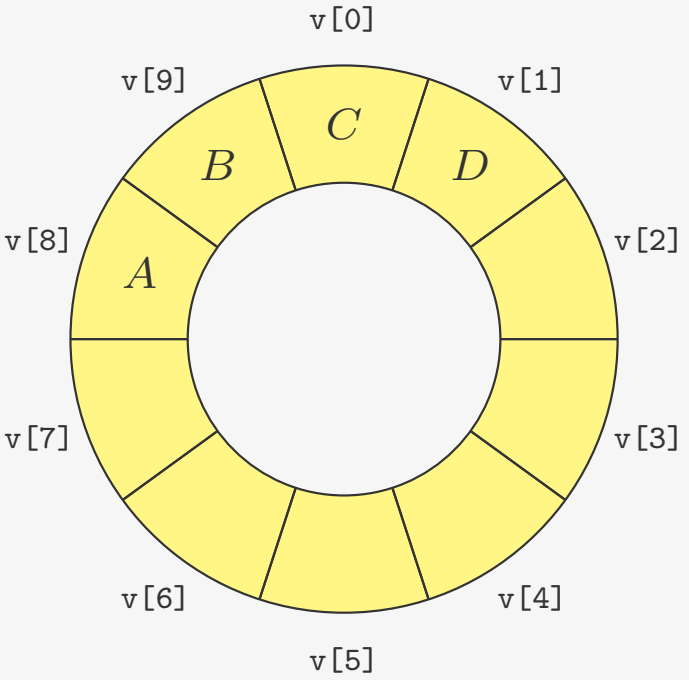
Fila circular - Criando




```
ini = 8
fim = 2
N = 10
tamanho = 4
```

```
1 p_fila criar_fila(int N) {
```

Fila circular - Criando



ini = 8

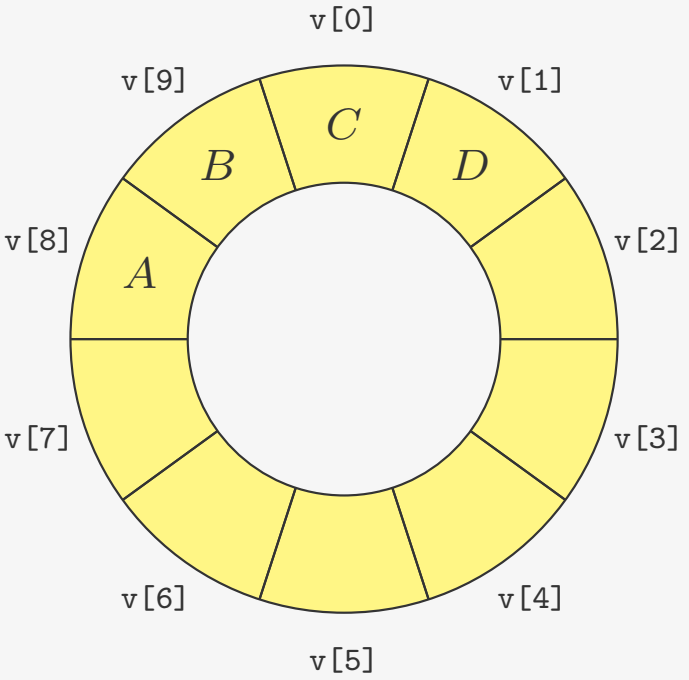
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 p_fila criar_fila(int N) {
2   p_fila f;
```

Fila circular - Criando



ini = 8

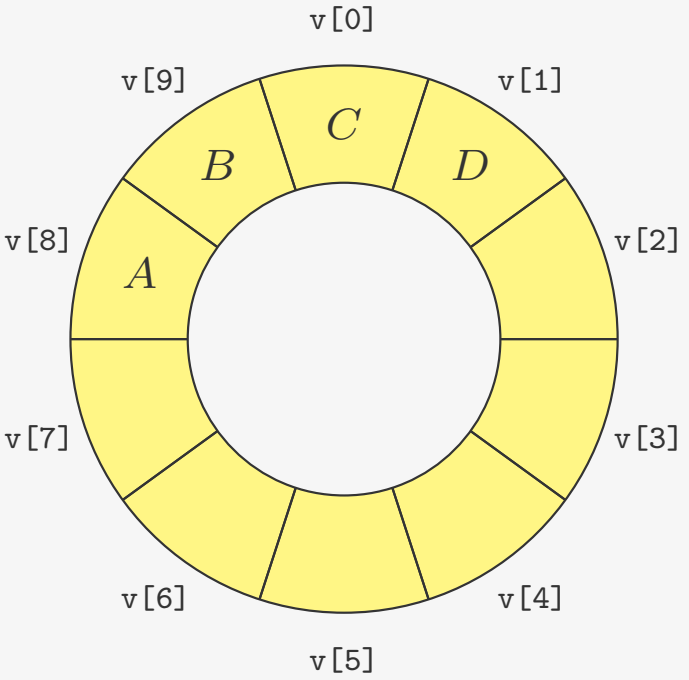
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 p_fila criar_fila(int N) {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
```

Fila circular - Criando



ini = 8

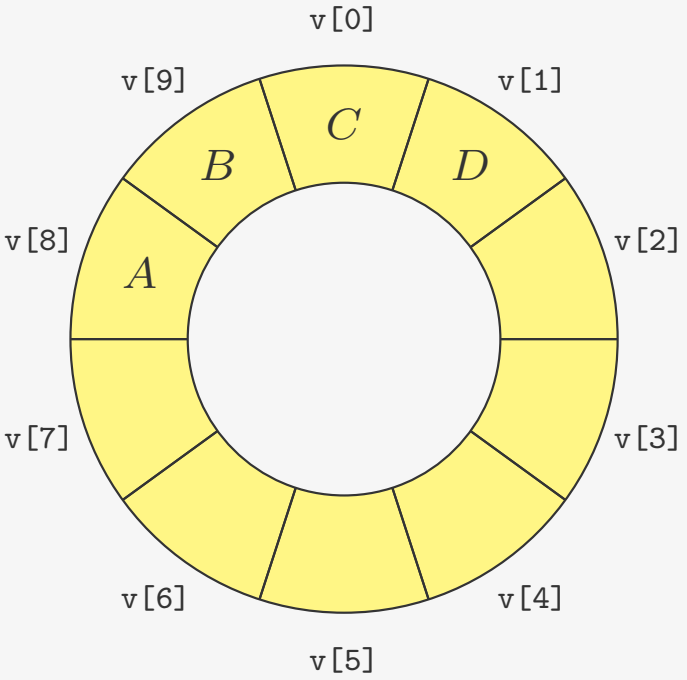
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 p_fila criar_fila(int N) {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->v = malloc(N * sizeof(int));
```

Fila circular - Criando



ini = 8

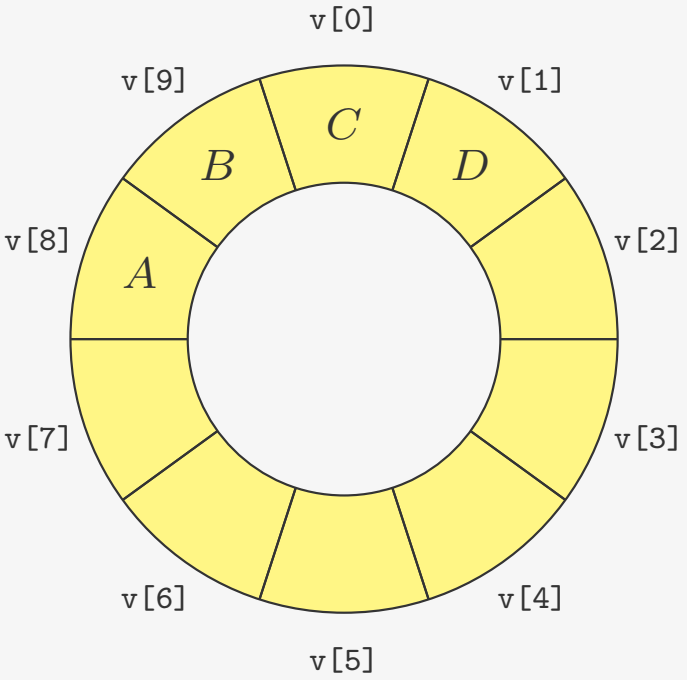
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 p_fila criar_fila(int N) {
2   p_fila f;
3   f = malloc(sizeof(Fila));
4   f->v = malloc(N * sizeof(int));
5   f->ini = 0;
6   f->fim = 0;
7   f->N = N;
8   f->tamanho = 0;
```

Fila circular - Criando



ini = 8

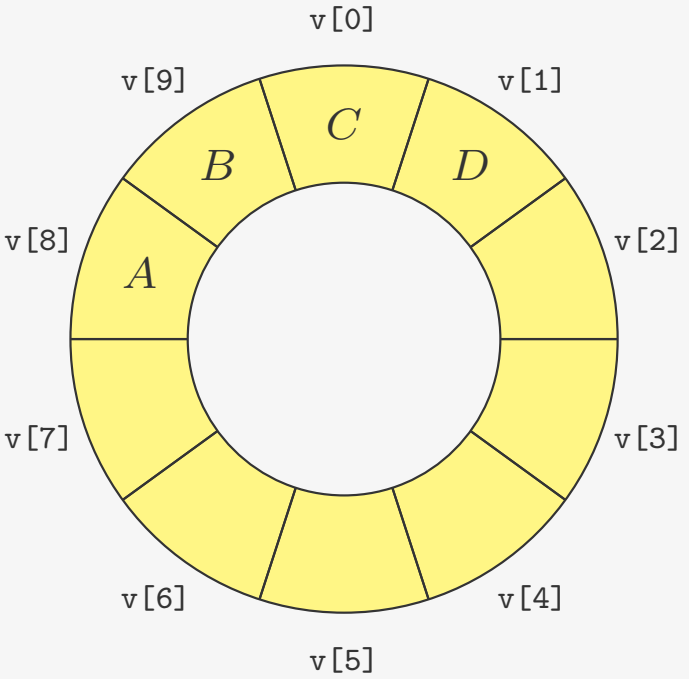
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1  p_fila criar_fila(int N) {
2    p_fila f;
3    f = malloc(sizeof(Fila));
4    f->v = malloc(N * sizeof(int));
5    f->ini = 0;
6    f->fim = 0;
7    f->N = N;
8    f->tamanho = 0;
9    return f;
10 }
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

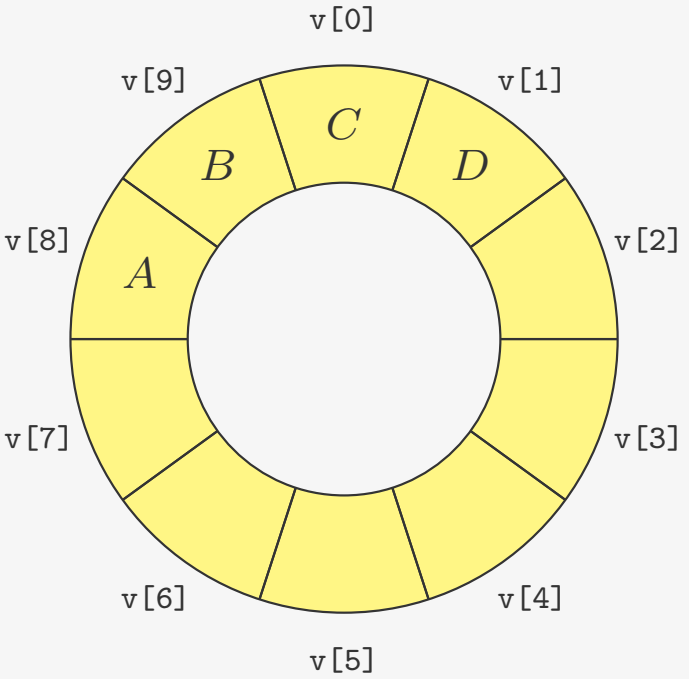
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

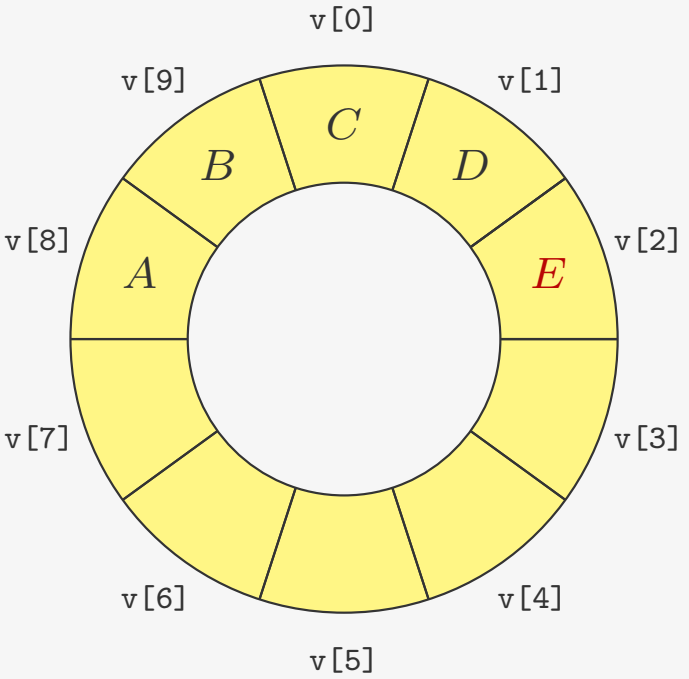
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

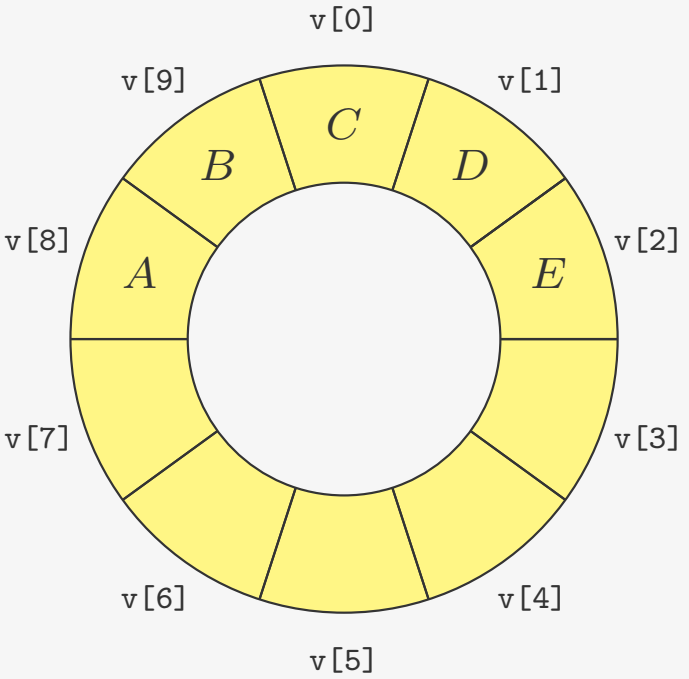
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

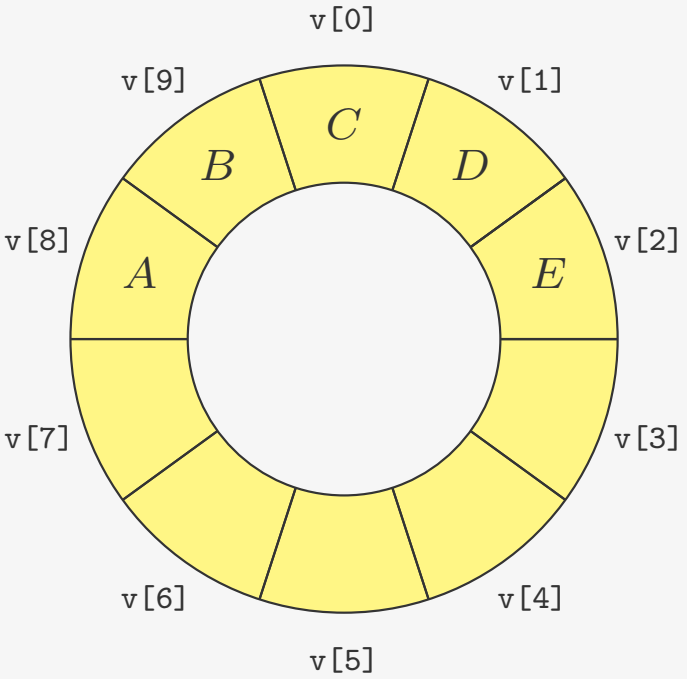
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
3   f->fim = (f->fim + 1) % f->N;
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

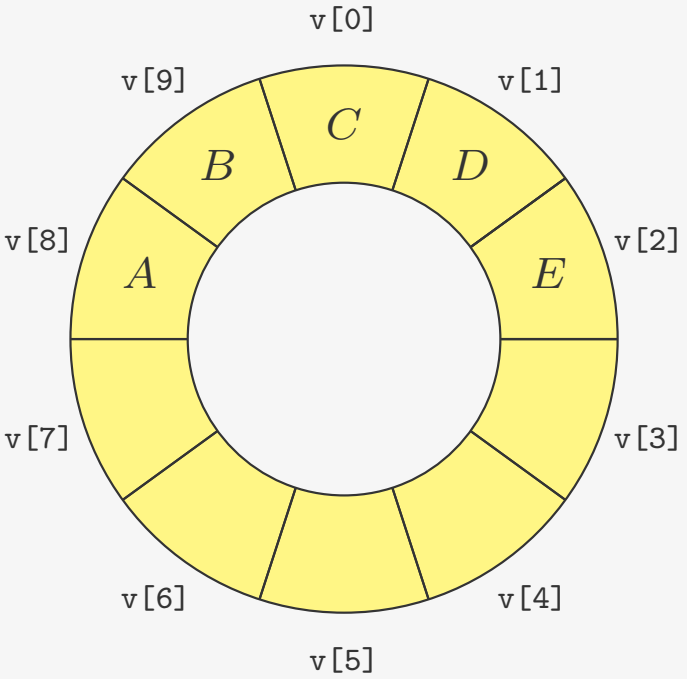
fim = 3

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
3   f->fim = (f->fim + 1) % f->N;
4   f->tamanho++;
5 }
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

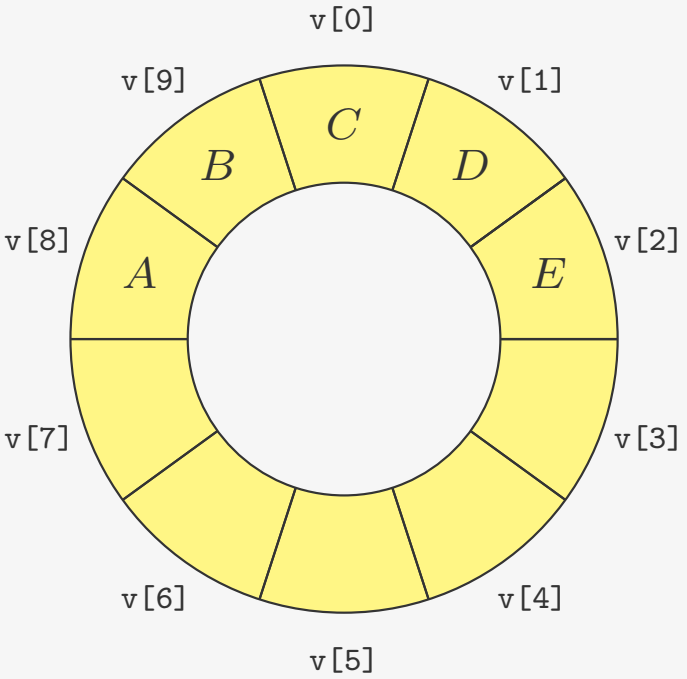
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
3   f->fim = (f->fim + 1) % f->N;
4   f->tamanho++;
5 }
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

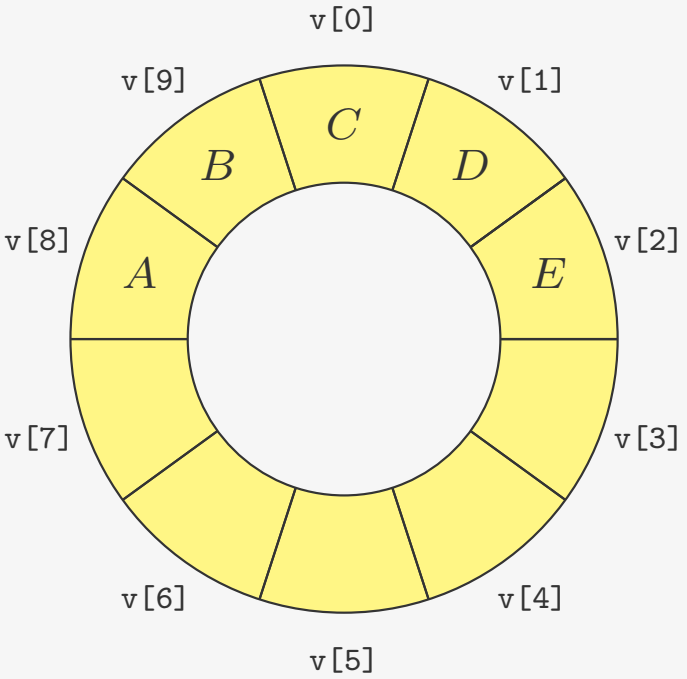
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
3   f->fim = (f->fim + 1) % f->N;
4   f->tamanho++;
5 }
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

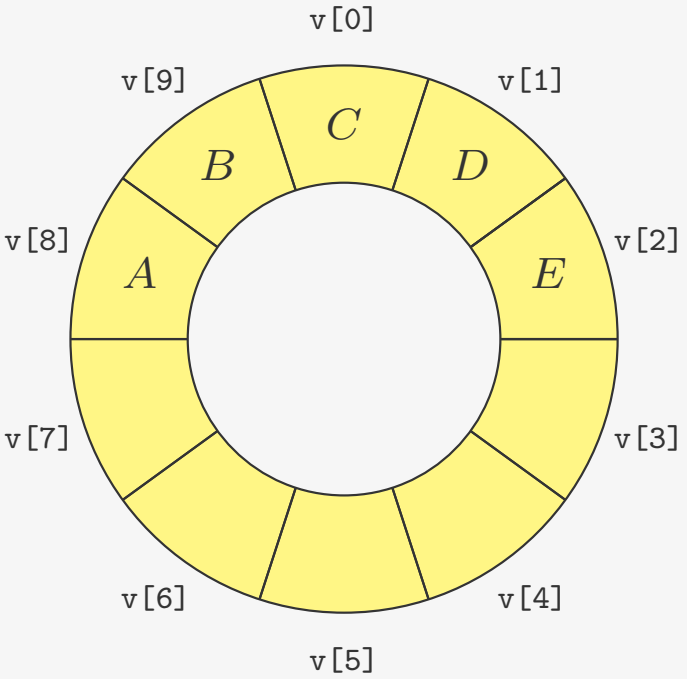
fim = 2

N = 10

tamanho = 4

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
3   f->fim = (f->fim + 1) % f->N;
4   f->tamanho++;
5 }
```

Fila circular - Enfileira



ini = 8

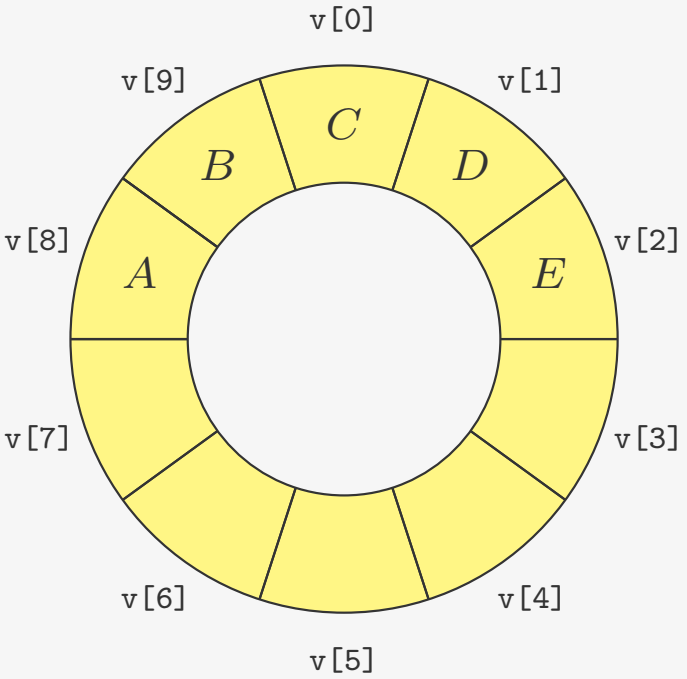
fim = 2

N = 10

tamanho = 5

```
1 void enfileira(p_fila f, int x) {
2   f->v[f->fim] = x;
3   f->fim = (f->fim + 1) % f->N;
4   f->tamanho++;
5 }
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 8

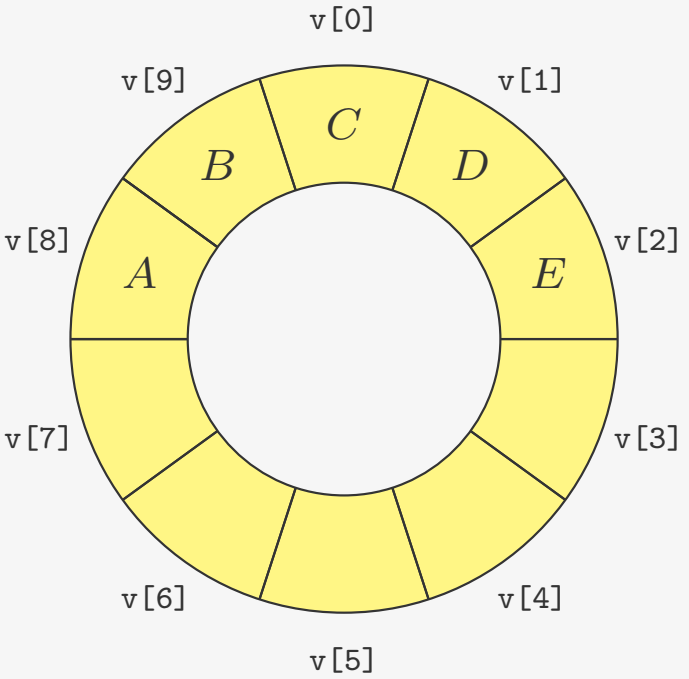
fim = 3

N = 10

tamanho = 5

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 8

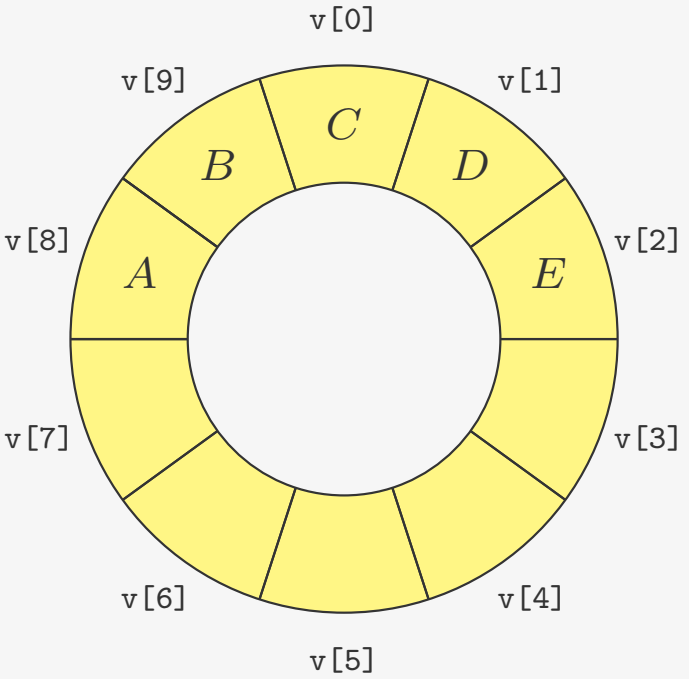
fim = 3

N = 10

tamanho = 5

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 8

fim = 3

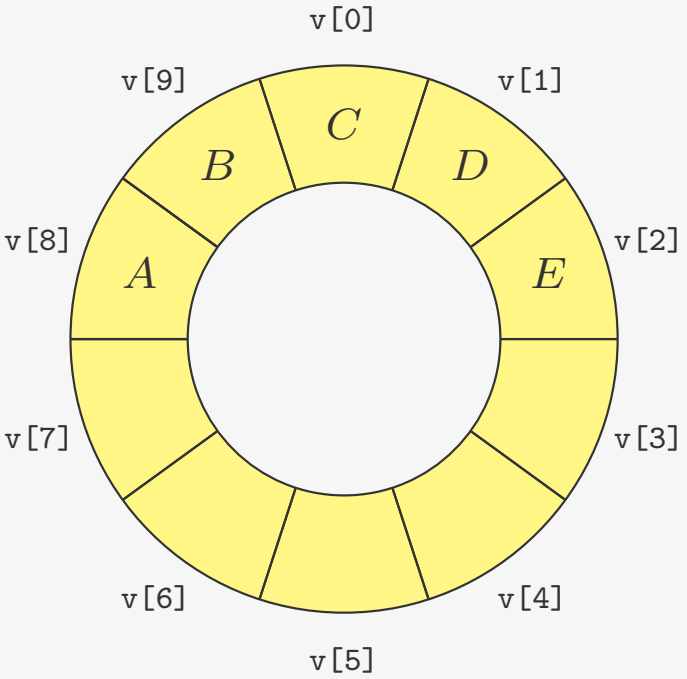
N = 10

tamanho = 5

x = A

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 8

fim = 3

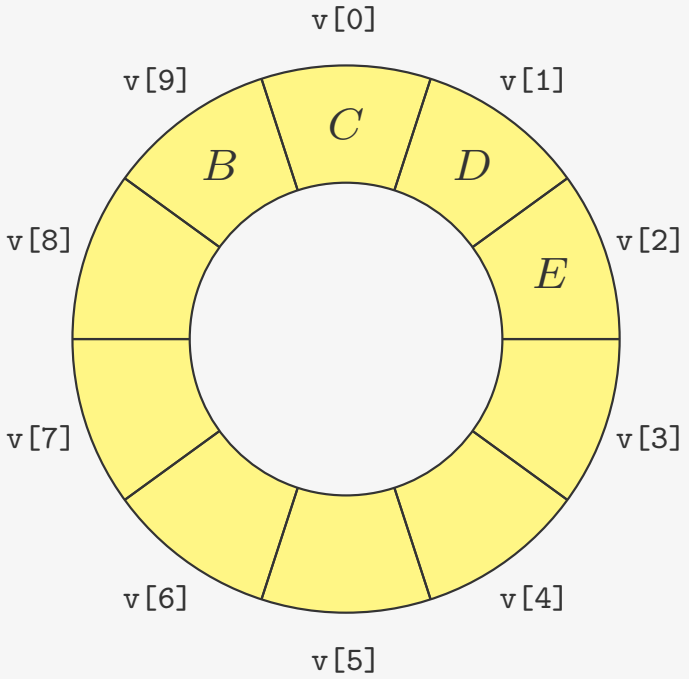
N = 10

tamanho = 5

x = A

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
3   f->ini = (f->ini + 1) % f->N;
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 9

fim = 3

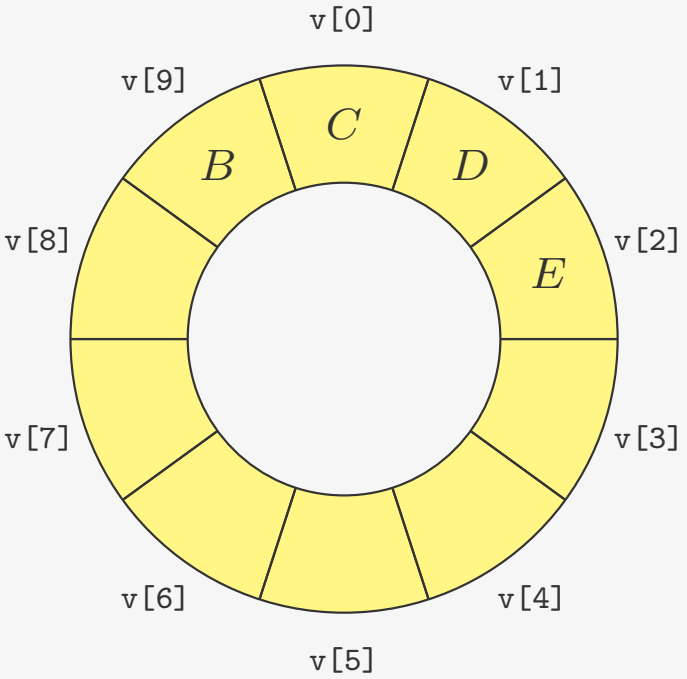
N = 10

tamanho = 5

x = A

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
3   f->ini = (f->ini + 1) % f->N;
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 9

fim = 3

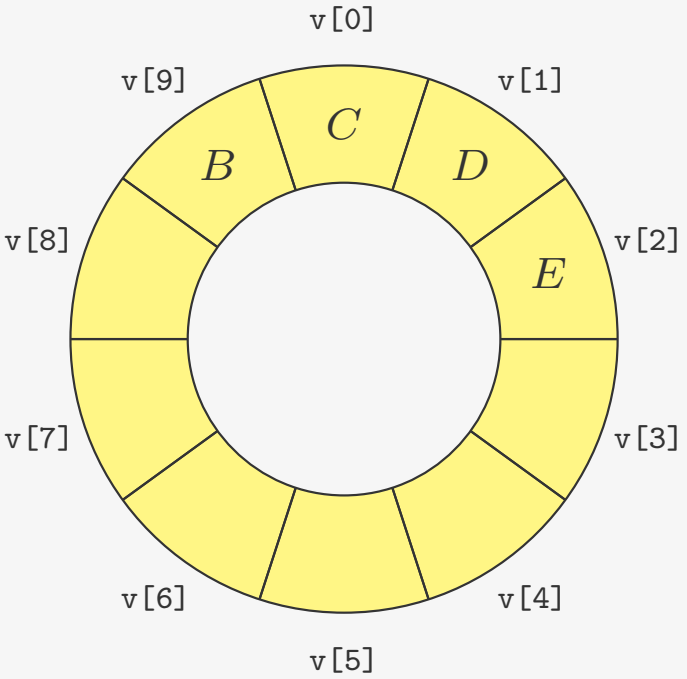
N = 10

tamanho = 5

x = A

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
3   f->ini = (f->ini + 1) % f->N;
4   f->tamanho--;
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 9

fim = 3

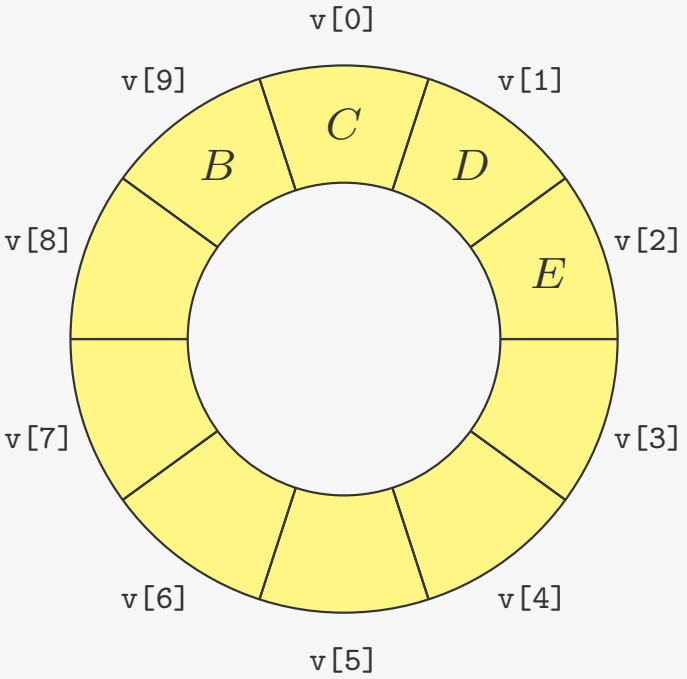
N = 10

tamanho = 4

x = A

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
3   f->ini = (f->ini + 1) % f->N;
4   f->tamanho--;
```

Fila circular - Desenfileira



ini = 9

fim = 3

N = 10

tamanho = 4

x = A

```
1 int desenfileira(p_fila f) {
2   int x = f->v[f->ini];
3   f->ini = (f->ini + 1) % f->N;
4   f->tamanho--;
5   return x;
6 }
```

Um cliente simples

Um cliente simples

```
1 int main() {
2   int n, x, i;
3   p_fila f;
```

Um cliente simples

```
1 int main() {
2   int n, x, i;
3   p_fila f;
4   f = criar_fila(100);
```

Um cliente simples

```
1 int main() {
2   int n, x, i;
3   p_fila f;
4   f = criar_fila(100);
5   scanf("%d", &n);
```

Um cliente simples

```
1 int main() {
2   int n, x, i;
3   p_fila f;
4   f = criar_fila(100);
5   scanf("%d", &n);
6   for (i = 0; i < n; i++) {
7     scanf("%d", &x);
```

Um cliente simples

```
1 int main() {
2   int n, x, i;
3   p_fila f;
4   f = criar_fila(100);
5   scanf("%d", &n);
6   for (i = 0; i < n; i++) {
7     scanf("%d", &x);
8     enfileira(f, x);
```

Um cliente simples

```
1  int main() {
2    int n, x, i;
3    p_fila f;
4    f = criar_fila(100);
5    scanf("%d", &n);
6    for (i = 0; i < n; i++) {
7      scanf("%d", &x);
8      enfileira(f, x);
9    }
10   while(!fila_vazia(f)) {
```

Um cliente simples

```
1  int main() {
2    int n, x, i;
3    p_fila f;
4    f = criar_fila(100);
5    scanf("%d", &n);
6    for (i = 0; i < n; i++) {
7      scanf("%d", &x);
8      enfileira(f, x);
9    }
10   while(!fila_vazia(f)) {
11     x = desenfileira(f);
```

Um cliente simples

```
1  int main() {
2    int n, x, i;
3    p_fila f;
4    f = criar_fila(100);
5    scanf("%d", &n);
6    for (i = 0; i < n; i++) {
7      scanf("%d", &x);
8      enfileira(f, x);
9    }
10   while(!fila_vazia(f)) {
11     x = desenfileira(f);
12     printf("%d ", x);
13   }
14   printf("\n");
15   destroi_fila(f);
16   return 0;
17 }
```

Um cliente simples

```
1  int main() {
2    int n, x, i;
3    p_fila f;
4    f = criar_fila(100);
5    scanf("%d", &n);
6    for (i = 0; i < n; i++) {
7      scanf("%d", &x);
8      enfileira(f, x);
9    }
10   while(!fila_vazia(f)) {
11     x = desenfileira(f);
12     printf("%d ", x);
13   }
14   printf("\n");
15   destroi_fila(f);
16   return 0;
17 }
```

Qual é o problema do código acima?

Um cliente simples

```
1  int main() {
2    int n, x, i;
3    p_fila f;
4    f = criar_fila(100);
5    scanf("%d", &n);
6    for (i = 0; i < n; i++) {
7      scanf("%d", &x);
8      enfileira(f, x);
9    }
10   while(!fila_vazia(f)) {
11     x = desenfileira(f);
12     printf("%d ", x);
13   }
14   printf("\n");
15   destroi_fila(f);
16   return 0;
17 }
```

Qual é o problema do código acima?

- E se `n` for maior do que `100`?

Um cliente simples

```
1  int main() {
2    int n, x, i;
3    p_fila f;
4    f = criar_fila(100);
5    scanf("%d", &n);
6    for (i = 0; i < n; i++) {
7      scanf("%d", &x);
8      enfileira(f, x);
9    }
10   while(!fila_vazia(f)) {
11     x = desenfileira(f);
12     printf("%d ", x);
13   }
14   printf("\n");
15   destroi_fila(f);
16   return 0;
17 }
```

Qual é o problema do código acima?

- E se `n` for maior do que `100`?
  - poderíamos usar listas ligadas

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de filas:

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de filas:

- Gerenciamento de fila de impressão

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de filas:

- Gerenciamento de fila de impressão
- Buffer do teclado

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de filas:

- Gerenciamento de fila de impressão
- Buffer do teclado
- Escalonamento de processos

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de filas:

- Gerenciamento de fila de impressão
- Buffer do teclado
- Escalonamento de processos
- Comunicação entre aplicativos/computadores

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de filas:

- Gerenciamento de fila de impressão
- Buffer do teclado
- Escalonamento de processos
- Comunicação entre aplicativos/computadores
- Percurso de estruturas de dados complexas (grafos etc.)

Pilha

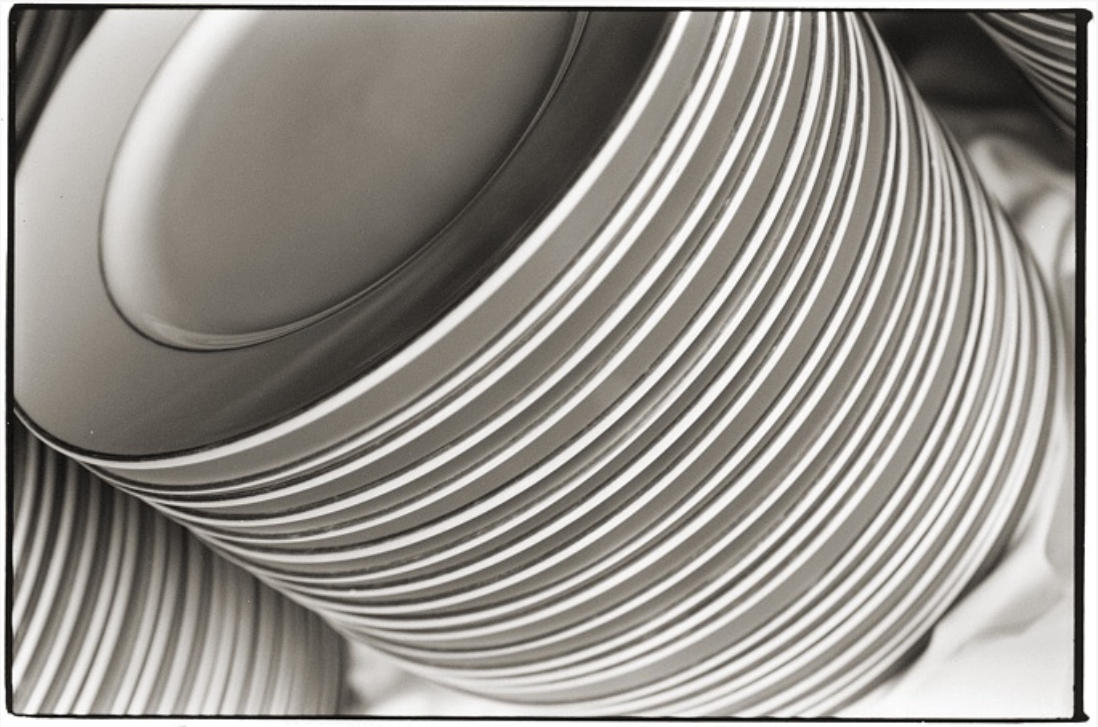
- Remove primeiro objetos inseridos há menos tempo

Pilha

- Remove primeiro objetos inseridos há menos tempo
- LIFO (*last-in first-out*): último a entrar é primeiro a sair

Pilha

- Remove primeiro objetos inseridos há menos tempo
- LIFO (*last-in first-out*): último a entrar é primeiro a sair



É como uma pilha de pratos:

Pilha

- Remove primeiro objetos inseridos há menos tempo
- LIFO (*last-in first-out*): último a entrar é primeiro a sair

É como uma pilha de pratos:

- Empilha os pratos limpos sobre os que já estão na pilha

Pilha

- Remove primeiro objetos inseridos há menos tempo
- LIFO (*last-in first-out*): último a entrar é primeiro a sair

É como uma pilha de pratos:

- Empilha os pratos limpos sobre os que já estão na pilha
- Desempilha o prato de cima para usar

Pilha

Operações:

Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha

Pilha

Operações:

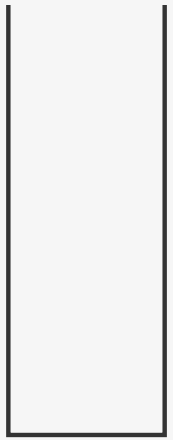
- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo:

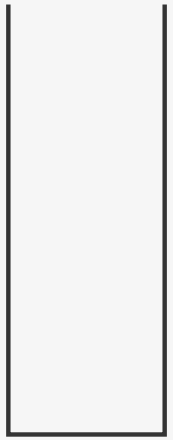


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(A)`

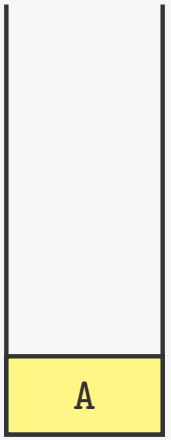


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(A)`

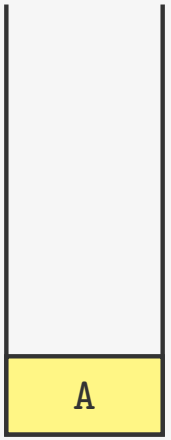


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(B)`

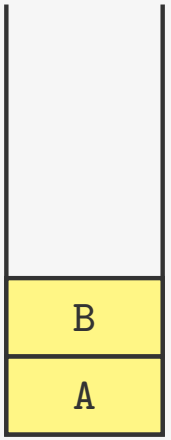


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(B)`

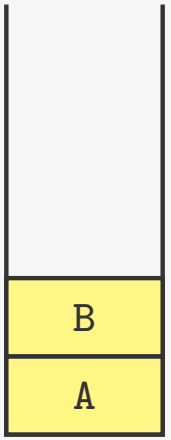


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Desempilha()`

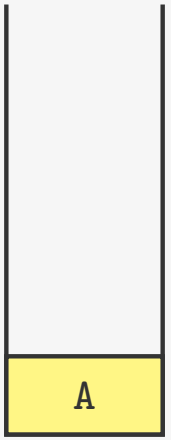


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Desempilha()`

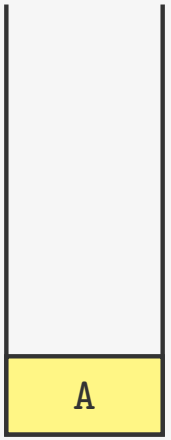


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(C)`

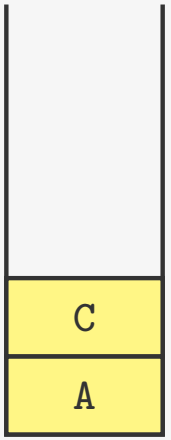


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(C)`

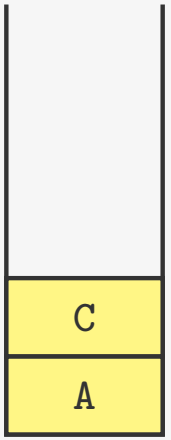


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(D)`

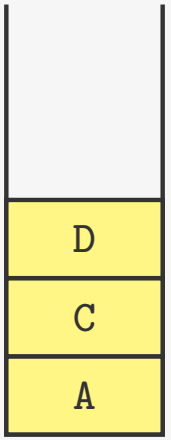


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Empilha(D)`

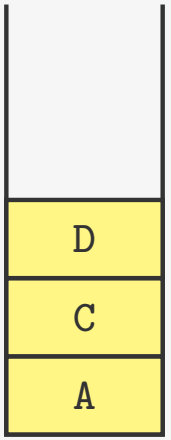


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Desempilha()`

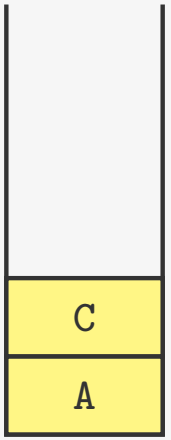


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Desempilha()`

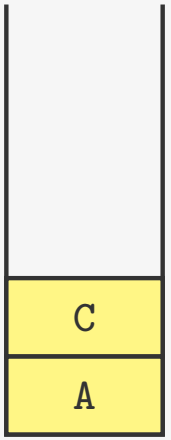


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Desempilha()`

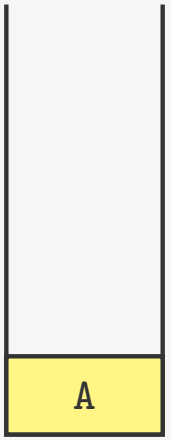


Pilha

Operações:

- Empilha (*push*): adiciona no topo da pilha
- Desempilha (*pop*): remove do topo da pilha

Exemplo: `Desempilha()`



Pilha: implementação com vetor

Definição:

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int topo;
4 } Pilha;
5
6 typedef Pilha * p_pilha;
```

Pilha: implementação com vetor

Definição:

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int topo;
4 } Pilha;
5
6 typedef Pilha * p_pilha;
```

vetor para armazenar os dados

Pilha: implementação com vetor

Definição:

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int topo;
4 } Pilha;
5
6 typedef Pilha * p_pilha;
```

fim da pilha (posição da próxima inserção)

Pilha: implementação com vetor

Definição:

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int topo;
4 } Pilha;
5
6 typedef Pilha * p_pilha;
```

Inserção:

```
1 void empilhar(p_pilha p, int i) {
2   p->v[p->topo] = i;
3   p->topo++;
4 }
```

Pilha: implementação com vetor

Definição:

```
1 typedef struct {
2   int *v;
3   int topo;
4 } Pilha;
5
6 typedef Pilha * p_pilha;
```

Inserção:

```
1 void empilhar(p_pilha p, int i) {
2   p->v[p->topo] = i;
3   p->topo++;
4 }
```

Remoção:

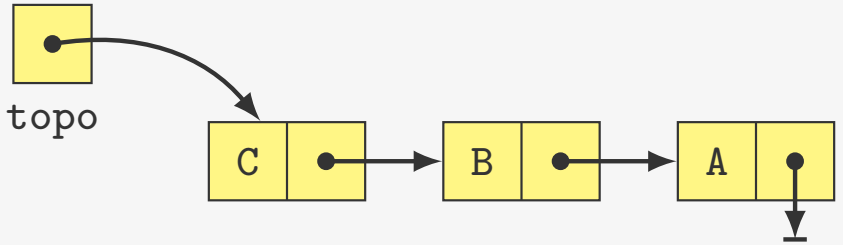
```
1 int desempilhar(p_pilha p) {
2   p->topo--;
3   return p->v[p->topo];
4 }
```

Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:

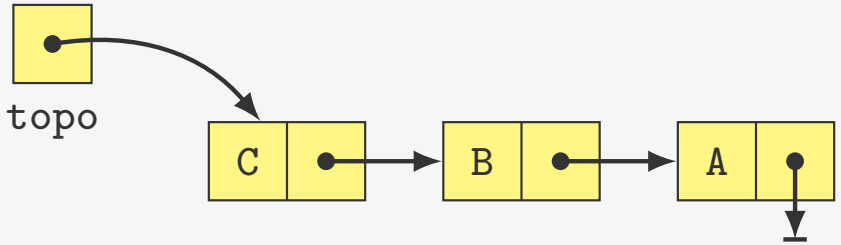
Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:



Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:

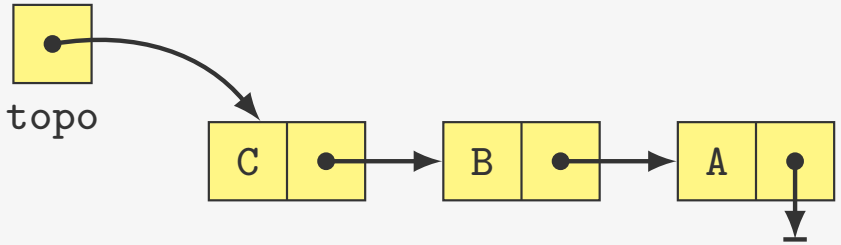


Estrutura:

```
1 typedef struct {
2   p_no topo;
3 } Pilha;
4
5 typedef Pilha * p_pilha;
```

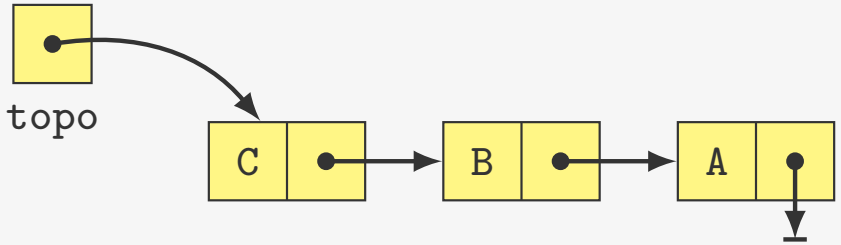
Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:



Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:

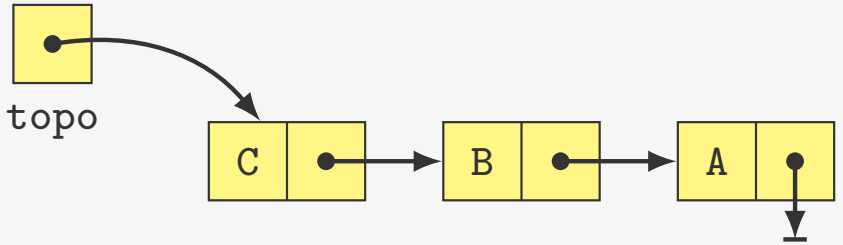


Empilhando:

```
1 void empilhar(p_no pilha, int x) {
2   p_no novo = malloc(sizeof(No));
3   novo->dado = x;
4   novo->prox = pilha->topo;
5   pilha->topo = novo;
6 }
```

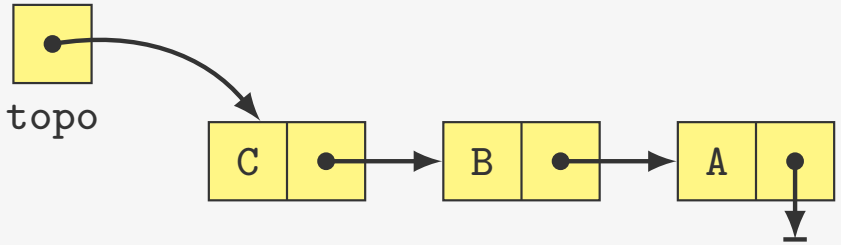
Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:



Pilha: implementação com lista ligada

Após empilhar `A`, `B` e `C`:



Desempilhando:

```
1 int desempilhar(p_no pilha) {
2   p_no topo = pilha->topo;
3   int x = topo->dado;
4   pilha->topo = pilha->topo->prox;
5   free(topo);
6   return x;
7 }
```

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações
  - pré-fixa

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações
  - pré-fixa
  - pós-fixa

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações
  - pré-fixa
  - pós-fixa
  - infixa (com parênteses)

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações
  - pré-fixa
  - pós-fixa
  - infixa (com parênteses)
- Percurso de estruturas de dados complexas (grafos etc.)

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações
  - pré-fixa
  - pós-fixa
  - infixa (com parênteses)
- Percurso de estruturas de dados complexas (grafos etc.)
- Recursão

Exemplos de aplicações

Algumas aplicações de pilhas:

- Balanceamento de parênteses
  - expressões matemáticas
  - linguagens de programação
  - HTML...
- Cálculo e conversão de notações
  - pré-fixa
  - pós-fixa
  - infixa (com parênteses)
- Percurso de estruturas de dados complexas (grafos etc.)
- Recursão

Veremos algumas dessas aplicações na próxima unidade

Exercício

Um *deque* (*double-ended queue*) é uma estrutura de dados com as operações: `insere_inicio`, `insere_fim`, `remove_inicio`, `remove_fim`.

Implemente um *deque* utilizando listas ligadas.