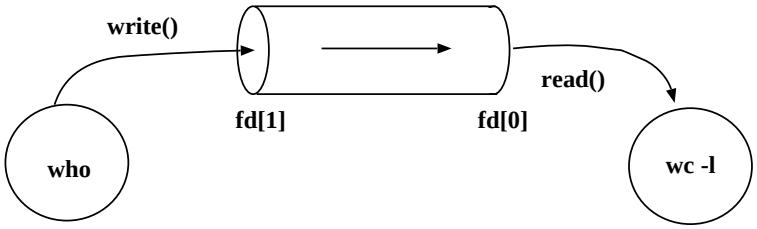
Canos (Pipes)

As pipes são um mecanismo de comunicação unidirecional entre dois ou mais processos.

Um exemplo do uso de pipes na shell é:

```
% who | wc -l
```

O programa `who` gera uma linha por utilizador e envia-a ao programa `wc` que vai contar o número de linhas recebidas.



Canos (Pipes)

→ **Criação de pipes:**

```
int pipe(int fd[2]);
```

instancia dois descritores de um ficheiro:

- `fd[0]` - descritor associado à extremidade de leitura.
- `fd[1]` - descritor associado à extremidade de escrita.

Retorna 0 se for bem sucedida e -1 caso ocorram erros.

→ Se um processo tentar ler de uma pipe vazia, mas cuja extremidade de escrita está aberta, o processo adormece até que exista input disponível.

Exemplo do uso de pipes

pipes: geralmente usadas para comunicação entre processos

```
#define READ  0
#define WRITE 1
char *msg= ``Ola papa!'';
main() {
  int fd[2], msgSize=strlen(msg)+1;
  char buf[100];

  pipe(fd);                          // Um programa em que o processo-filho
  if (fork()==0) {                   // envia ao processo-pai uma mensagem
    close(fd[READ]);
    write(fd[WRITE],msg,msgSize);
    close(fd[WRITE]);
  }
  else {
    close(fd[WRITE]);
    msgSize= read(fd[READ],buf,100);
    printf(``Nbytes:%d, Msg:%s\n'',msgSize,buf);
    close(fd[READ]);
  }
  exit(0);
}
```

Exemplo do uso de pipes

$\rightarrow$ Comunicação bi-direcional? $\Rightarrow$ 2 pipes.

Somar os elementos de uma matriz: N processos e 1 pipe

Passos:

- Processo-pai:
  - cria matriz e inicializa
  - cria N processos, (processos-filhos herdam a matriz inicializada do pai)
  - espera que os filhos devolvam o resultado
  - calcula a soma total
  - termina
- Processos-filhos:
  - calculam soma de sua linha da matriz
  - envia resultado para o pai
  - termina

Exemplo utilizando N processos e 1 pipe

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define N     3
#define READ  0
#define WRITE 1

main() {
  int a[N][N]={{1,1,1},{2,2,2},{3,3,3}};
  int i, somaLin, somaGlo=0, fd[2];

  if (pipe(fd) == -1)
    msg_erro(``pipe() falhou!'');
  for (i=0; i<N; i++)
    if(fork() == 0) {              /* filho */
      somaLin= soma_vector(a[i]);
      close(fd[READ]);
      write(fd[WRITE], &somaLin, sizeof(int));
      exit(0);
    }
  close(fd[WRITE]);                /* pai */
  for (i=0; i<N; i++) {
    read(fd[READ], &somaLin, sizeof(int));
    somaGlo += somaLin;
  }
  close(fd[READ]);
  printf(``soma da matriz: %d\n'', somaGlo);   }
```

Exemplo utilizando N processos e 1 pipe

```
// Definição da função auxiliar soma_vector
int soma_vector(int v[]) {
   int i, soma=0;

   for (i=0; i<N; i++)  soma += v[i];
   return soma;
}
```

Duplicação de descritores

Existem situações em que se torna necessário duplicar descritores de ficheiros, nomeadamente quando o ficheiro representa uma *pipe* e quisermos construir uma *pipeline* entre processos.

→ **criação de uma cópia de um descritor:**

```
int dup(int oldfd)        int dup2(int oldfd, int newfd)
```

- `dup`: sistema escolhe o menor descritor disponível e coloca-o a apontar para o mesmo ficheiro que `oldfd`.
- `dup2`: utilizador escolhe o descritor em `newfd`. Sistema fecha `newfd` se estiver ativo e coloca-o a apontar para o mesmo ficheiro que `oldfd`.

Duplicação de descritores

Os descritores original e cópia partilham o mesmo apontador para o ficheiro assim como o modo de acesso.

As funções retornam o novo descritor ou -1 se ocorrer erro.

Necessário: `# include <unistd.h>`

Exemplo: redirecionar o standard-output de um processo ao standard-input do outro (e.g. pipes da shell).

Exemplo com `dup2()`

Programa que executa 2 programas dados, ligando o `stdout` do primeiro ao `stdin` do segundo (e.g. `ligador who wc`).

- processo-pai executa primeiro programa (e.g., `who`)
- processo-filho executa o segundo programa (e.g., `wc`)
- pipe para comunicação entre processo-pai e processo-filho
- mas também precisamos indicar aos novos programas que esta comunicação existe

Exemplo com `dup2()`: criar proc e pipe

```
#define Read  0
#define Write 1
main(int argc, char *argv[])
{
  int fd[2];  // declaração da pipe

  pipe(fd);  // criação da pipe
  if (fork() == 0) { /* filho */ // criação do processo




  }
  else { /* pai */




  }
}
```

Exemplo com dup2()

```
#define Read  0
#define Write 1
main(int argc, char *argv[])
{
  int fd[2];

  pipe(fd);
  if (fork() == 0) { /* filho */


    // filho executa segundo programa
    execlp(argv[2], argv[2], NULL);

  }
  else { /* pai */


    // pai executa primeiro programa
    execlp(argv[1], argv[1], NULL);

  }
}
```

Exemplo com `dup2()`: pipes?

```
#define Read  0
#define Write 1
main(int argc, char *argv[])
{
  int fd[2];

  pipe(fd);
  if (fork() == 0) { /* filho */
    close(fd[Write]); // fechar extremidade
                      // não utilizada

    execlp(argv[2], argv[2], NULL);

  }
  else { /* pai */
    close(fd[Read]);  // fechar extremidade
                      // não utilizada

    execlp(argv[1], argv[1], NULL);

  }
}
```

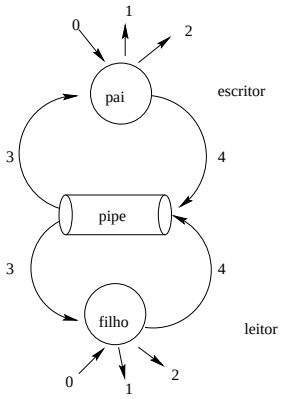
Exemplo com `dup2()`: conecta pai com filho

```
#define Read  0
#define Write 1
main(int argc, char *argv[])
{
  int fd[2];

  pipe(fd);
  if (fork() == 0) { /* filho */
    close(fd[Write]);
    dup2(fd[Read], 0); // redireciona input
    close(fd[Read]);
    execlp(argv[2], argv[2], NULL);
    perror(``ligação não sucedida'');
  }
  else { /* pai */
    close(fd[Read]);
    dup2(fd[Write], 1); // redireciona output
    close(fd[Write]);
    execlp(argv[1], argv[1], NULL);
    perror(``ligação não sucedida'');
  }
}
```

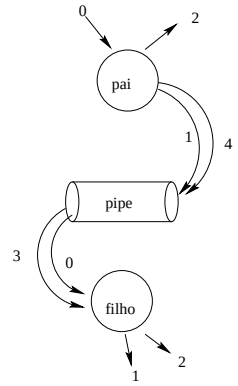
O exemplo em detalhe (1)

A: logo apos o fork()



	pai	filho
0	stdin	stdin
1	stdout	stdout
2	stderr	stderr
3	pipe_read	pipe_read
4	pipe_write	pipe_write

B: apos os dois processos executarem dup2()

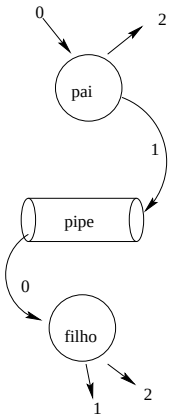


	pai	filho
0	stdin	pipe_read
1	pipe_write	stdout
2	stderr	stderr
3		pipe_read
4	pipe_write	

O exemplo em detalhe (2)

A: logo apos o fork()

C: apos o close() e antes do execlp()



	pai	filho
0	stdin	pipe_read
1	pipe_write	stdout
2	stderr	stderr

- o processo-pai executa o comando em argv[1] e escreve o resultado na pipe.

- o processo-filho le da pipe e executa o comando argv[2]

Exercício: modifique o programa anterior de forma a criar comunicação bidirecional entre os dois processos.

Mais um exemplo com pipes: paginação do output

Escreva um programa que crie um processo filho para paginar no ecrã as mensagens do processo pai. O processo pai deve enviar ao processo filho a seguinte sequência de linhas:

```
Linha 1
...
Linha 100
```

O processo filho deve executar o programa `more` para paginar no ecrã a sequência de linhas recebida do processo pai. Como o paginador `more` precisa ter acesso exclusivo ao terminal, o processo pai não deve terminar antes do processo filho.

Mais um exemplo com pipes: paginação do output

```
void paginacao() {
  pid_t new_proc;
  int fd[2];

  pipe(fd);
  if (is_parent(fork())) {









    wait(NULL);
  } else { // filho



    execlp("more","more",NULL);
    printf("FILHO: falha no execlp!\n");
  }
  return;
}
```

Mais um exemplo com pipes: paginação do output

```
void paginacao() {
  pid_t new_proc;
  int fd[2];

  pipe(fd);
  if (is_parent(fork())) {
    char buf[100];
    int n;
    close(fd[READ]);




    wait(NULL);
  } else { // filho
    close(fd[WRITE]);


    execlp("more","more",NULL);
    printf("FILHO: falha no execlp!\n");
  }
  return;
}
```

Mais um exemplo com pipes: paginação do output

```
void paginacao() {
  pid_t new_proc;
  int fd[2];

  pipe(fd);
  if (is_parent(fork())) {
    char buf[100];
    int n;
    close(fd[READ]);
    for (n=1; n<=100; n++) {
      sprintf(buf, "Linha %d\n", n);
      write(fd[WRITE], buf, strlen(buf));
    }
    close(fd[WRITE]);
    wait(NULL);
  } else { // filho
    close(fd[WRITE]);
    dup2(fd[READ], STDIN_FILENO);
    close(fd[READ]);
    execlp("more","more",NULL);
    printf("FILHO: falha no execlp!\n");
  }
  return;
}
```

Exemplo: pipe de processos (exame Julho 2002)

Escreva um programa que tire partido do uso de *pipes* para implementar comunicação entre processos. O programa deverá implementar um cenário em que o processo principal cria NP processos filho (NP $>$ 0) para escreverem alternadamente linhas de *output* de modo a obterem uma sequência semelhante à do exemplo que se segue:

```
Filho 1: 1
Filho 2: 2
Filho 3: 3
Filho 1: 4
Filho 2: 5
Filho 3: 6
Filho 1: 7
Filho 2: 8
Filho 3: 9
Filho 1: 10
```

O primeiro filho a ser criado inicia a sequência a que se seguem os restantes filhos pela ordem que foram criados. O processo decorre repetidamente até que um dos filhos atinga um determinado valor VAL (VAL $>$ 0). Atingido esse valor (10 no exemplo), todos os processos filhos devem terminar e o processo pai só deve terminar assim que todos os filhos terminem. Assuma que NP e VAL são constantes do sistema.

Exemplo: pipe de processos (cont.)

```c
#include <sys/types.h>
#include <signal.h>
#include <unistd.h>
#define READ 0
#define WRITE 1
#define NP 3
#define VAL 10

main() {
  pid_t proc[NP];
  int fd[NP][2], np, val, i;

  for (np=0; np<NP; np++)     // criação de NP pipes
    pipe(fd[np]);
  for (np=0; np<NP; np++) {  // criação de NP processos
    if ((proc[np] = fork()) == 0) { // processos filhos
      // processos filhos fecham extremidades adequadas das pipes
      // primeiro processo filho começa tudo e envia primeiro valor
      // todos os processos filhos ficam lendo e escrevendo nas
      // extremidades adequadas até que um deles receba o valor 10
      // filhos terminaram, fecham suas extremidades e saem do programa
    }
  }
```

```c
// pai fecha todas as extremidades
      for (np=0; np<NP; np++) {
        close(fd[np][WRITE]);
        close(fd[np][READ]);
      }
      // pai espera pelos filhos
      for (np=0; np<NP; np++)
        waitpid(proc[np],0,0);
      exit(0);
    } // termina o programa
```

Exemplo: pipe de processos (cont.)

```
#include <sys/types.h>
#include <signal.h>
#include <unistd.h>
#define READ 0
#define WRITE 1
#define NP 3
#define VAL 10

main() {
  pid_t proc[NP];
  int fd[NP][2], np, val, i;

  for (np=0; np<NP; np++)
    pipe(fd[np]);

  for (np=0; np<NP; np++) {
    if ((proc[np] = fork()) == 0) {
      // processos filhos fecham extremidades adequadas das pipes
       for (i=0; i<NP; i++) {
        if (i != np) close(fd[i][WRITE]);
        if (i != (np-1+NP)%NP) close(fd[i][READ]);
      }
      // primeiro processo filho começa tudo e envia primeiro valor
       if (np == 0) {
```

```
      val = 1;
      printf("Filho 1: 1\n");
      write(fd[np][WRITE], &val, sizeof(int));
    }
    // todos os processos filhos ficam lendo e escrevendo nas
    // extremidades adequadas até que um deles receba o valor 10
    while(read(fd[(np-1+NP)%NP][READ], &val, sizeof(int))) {
      if (val == VAL) break;
      val++;
      printf("Filho %d: %d\n", np + 1, val);
      write(fd[np][WRITE], &val, sizeof(int));
    }
    // filhos terminaram, fecham suas extremidades e saem do programa
    close(fd[np][WRITE]);
    close(fd[(np-1+NP)%NP][READ]);
    exit(0);
  }
 }
}
```