Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

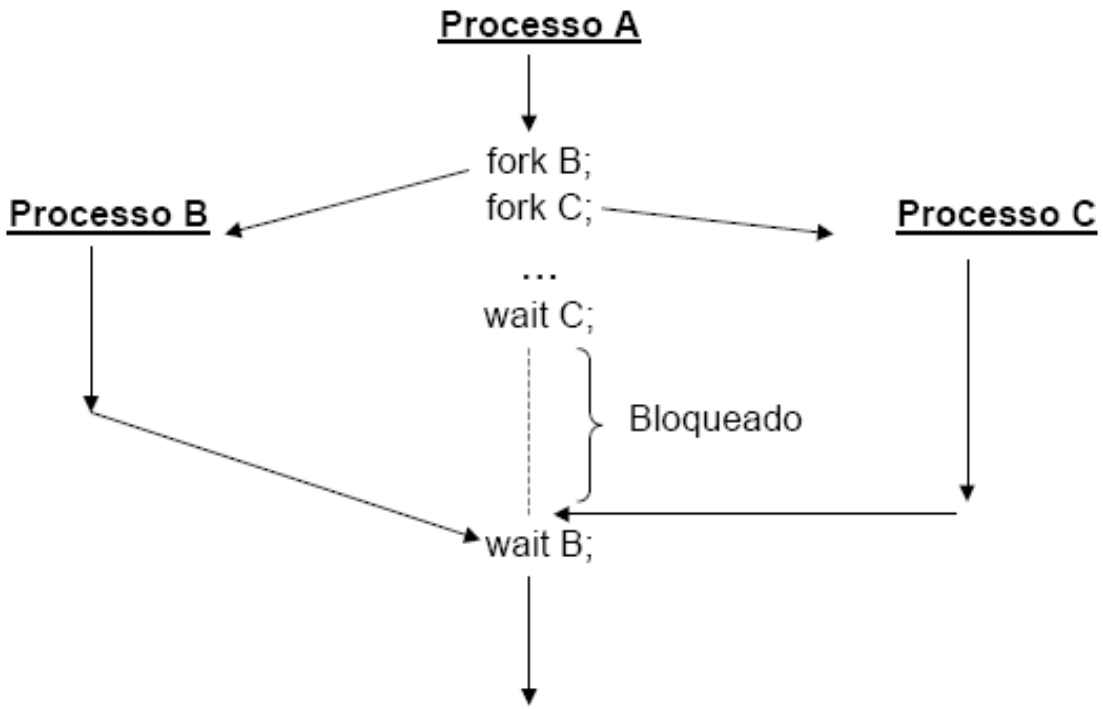
SVCs para Controle de Processos no Unix

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

Sistemas Operacionais

Criação de Processos

- A maioria dos sistemas operacionais usa um mecanismo de *spawn* para criar um novo processo a partir de um outro executável.



Criação de Processos no UNIX

- No Unix, são usadas duas funções distintas relacionadas à criação e execução de programas. São elas:
  - `fork()`: cria processo filho idêntico ao pai, exceto por alguns atributos e recursos.
  - `exec()`: carrega e executa um novo programa.
- A sincronização entre processo pai e filho(s) é feita por meio da SVC `wait()`, que bloqueia o processo pai até que um processo filho termine.

A SVC fork()

- No Unix, a forma de se criar um novo processo (dito processo filho) é invocando a chamada ao sistema `fork()`.

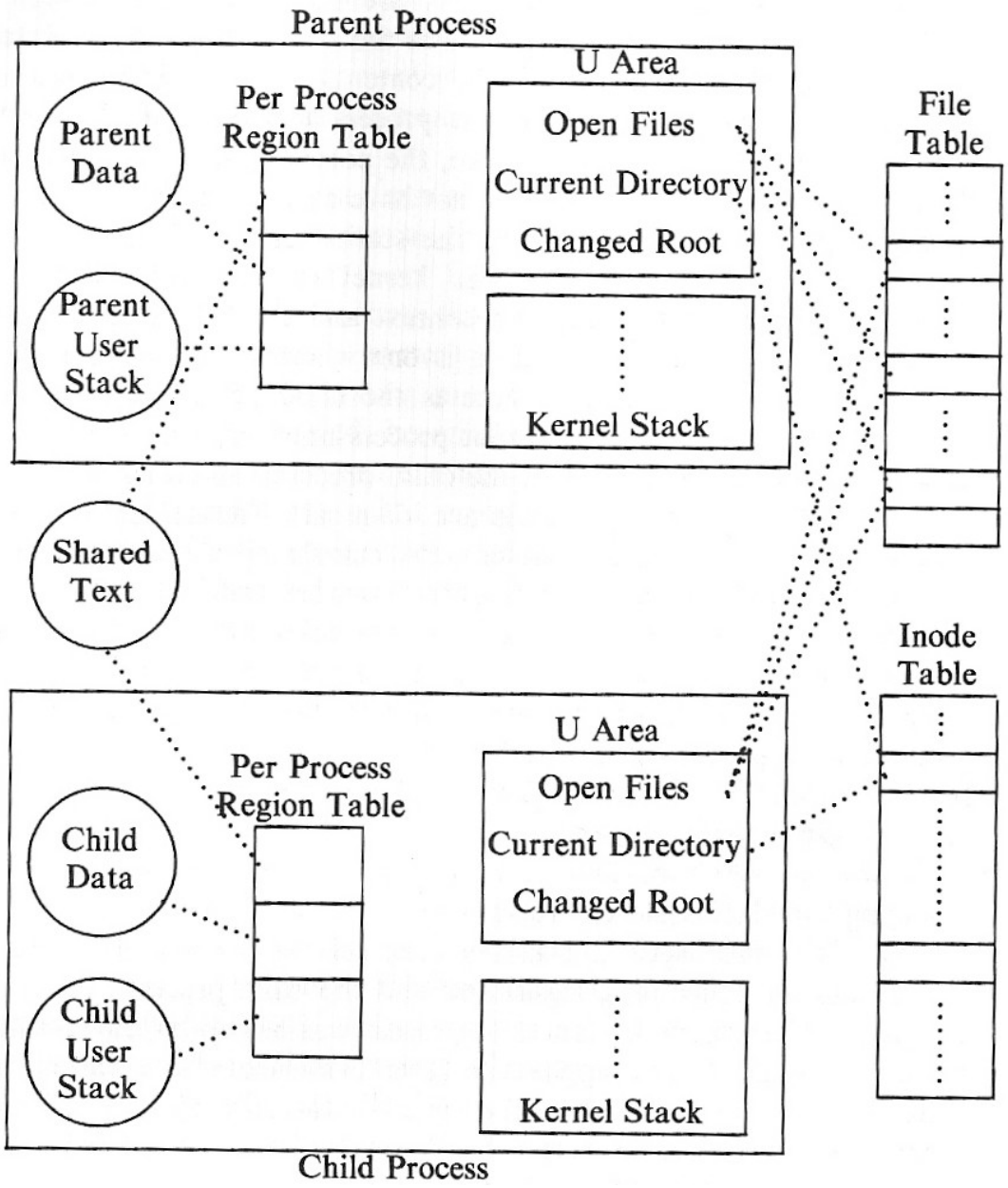
```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

pid_t fork(void);

Retorna:                    0 - para o processo filho
                pid do filho - para o processo pai
                            -1 - se houve erro e o serviço não foi executado
```

- `Fork()` duplica/clona o processo que executa a chamada. O processo filho é uma cópia fiel do pai, ficando com uma cópia do segmento de dados, *heap* e *stack* (obs: o segmento de texto/código é muitas vezes partilhado por ambos).
- Processos pai e filho continuam a sua execução na instrução seguinte à chamada `fork()`.
- Em geral, não se sabe quem continua a executar imediatamente após uma chamada a `fork()`, se é o pai ou o filho. Isso depende do algoritmo de escalonamento.

A SVC fork() (cont.)

- O processo filho tem seu próprio espaço de endereçamento, com cópia de todas as variáveis do processo pai. Essas são independentes em relação às variáveis do processo pai.
- O processo filho herda do pai alguns atributos, tais como: variáveis de ambiente, variáveis locais e globais, privilégios e prioridade de escalonamento.
- O processo filho também herda alguns recursos, tais como arquivos abertos e *devices*. Alguns atributos e recursos, tais como PID, PPDI, sinais pendentes e estatísticas do processo, não são herdados pelo processo filho.

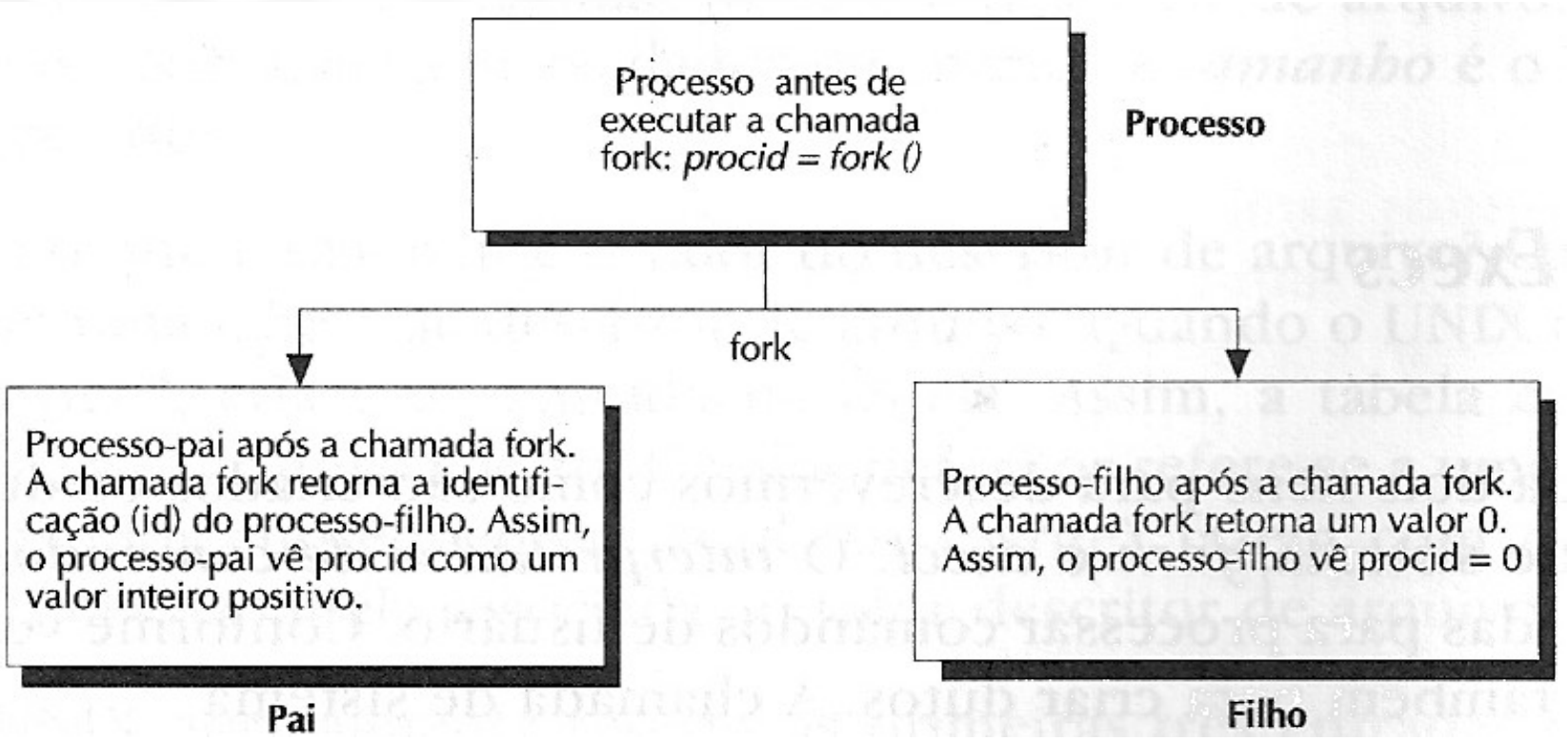
A SVC *fork()* (cont).



A SVC fork() (cont.)

- A função fork() é invocada uma vez (no processo-pai) mas retorna duas vezes: uma no processo que a invocou e outra no novo processo criado, o processo-filho.
- O retorno da função fork(), no processo pai, é igual ao número do *pid* do processo filho recém criado (todos os processos em Unix têm um identificador, geralmente designado por *pid* — *process identifier*).
- O retorno da função fork()é igual a 0 (zero) no processo filho.

A SVC fork() (cont.)



Estrutura Geral do fork()

```
pid=fork();
if(pid < 0) {
      /* falha do fork */
}
else if (pid > 0) {
      /* código do pai */
}
else { //pid == 0
      /* código do filho */
}
```

Copy-on-Write

- Como alternativa a significante ineficiência do `fork()`, no Linux o `fork()` é implementado usando uma técnica chamada *copy-on-write* (COW).
- Essa técnica atrasa ou evita a cópia dos dados.
  - Ao invés de copiar o espaço de endereçamento do processo pai, ambos podem compartilhar uma única cópia somente de leitura.
  - Se uma escrita é feita, uma duplicação é realizada e cada processo recebe uma cópia.
  - Conseqüentemente, a duplicação é feita apenas quando necessário, economizando tempo e espaço.
- O único *overhead* inicial do `fork()` é a duplicação da tabela de páginas do processo pai e a criação de um novo *proc Struct* (c/ PID para o filho).

Identificação do Processo no UNIX

- Como visto, todos os processos em Unix têm um identificador, geralmente designados por *pid* (*process identifier*). Os identificadores são números inteiros diferentes para cada processo (ou melhor, do tipo `pid_t` definido em `sys/types.h`).
- É sempre possível a um processo conhecer o seu próprio identificador e o do seu pai. Os serviços a utilizar para conhecer pid's (além do serviço `fork()`) são:

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

pid_t getpid(void);            /* obtém o seu próprio pid */
pid_t getppid(void);           /* obtém o pid do pai */
```

Estas funções são sempre bem sucedidas.

User ID e Group ID

- No Unix, cada processo tem de um proprietário, um usuário que seja considerado seu dono. Através das permissões fornecidas pelo dono, o sistema sabe quem pode e não pode executar o processo em questão.
- Para lidar com os donos, o Unix usa os números UID (*User Identifier*) e GID (*Group Identifier*). Os nomes dos usuários e dos grupos servem apenas para facilitar o uso humano do computador.
- Cada usuário precisa pertencer a um ou mais grupos. Como cada processo (e cada arquivo) pertence a um usuário, logo esse processo pertence ao grupo de seu proprietário. Assim sendo, cada processo está associado a um UID e a um GID.
- Os números UID e GID variam de 0 a 65536. Dependendo do sistema, o valor limite pode ser maior. No caso do usuário *root*, esses valores são sempre 0 (zero). Assim, para fazer com que um usuário tenha os mesmos privilégios que o *root*, é necessário que seu GID seja 0.

User ID e Group ID (cont.)

- Primitivas:
  - P/ user: **uid_t getuid(void)** / uid_t geteuid(void)
  - P/ group:**gid_t getgid(void)** / gid_t getegid(void)
- Comandos úteis:
  - id: lista os ID's do usuário e do seu grupo primário. Lista também todos os outros grupos nos quais o usuário participa.
- Arquivos úteis:
  - /etc/passwd
  - /etc/group
- Formato do arquivo /etc/passwd:
  - usuário:senha:UID:GID:grupo primário do usuário:nome do usuário:diretório home:shell inicial
- Formato do arquivo /etc/group:
  - grupo:senha:GID:lista dos usuários do grupo

Exemplo 1 - Exibindo PID's (arquivo output_IDs.c - exemplo3-2)

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

int main (void) {
   printf("I am process %ld\n", (long)getpid());
   printf("My parent is %ld\n", (long)getppid());

   printf("My real user ID is       %5ld\n", (long)getuid());
   printf("My effective user ID is  %5ld\n", (long)geteuid());
   printf("My real group ID is      %5ld\n", (long)getgid());
   printf("My effective group ID is %5ld\n", (long)getegid());

   return 0;
}
```

Exemplo 2: Fork Simples (arquivo simple_fork.c – exemplo 3.5)

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

int main(void) {
   int x;

   x = 0;
   fork();
   x = 1;
   printf("I am process %ld and my x is %d\n",
          (long)getpid(), x);
   return 0;
}
```

Ex.3 - Diferenciando Pai e Filho

(arquivo two_procs.c)

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
int glob = 6;

int main(void) {
   int var;              /* external variable in initialized data */
          pid_t pid;           /* automatic variable on the stack */
          var = 88;
          printf("before fork\n");
          if ( (pid = fork()) < 0)
               fprintf(stderr, "fork error\n");
          else if (pid == 0) {          /* ***child*** */
               glob++;                  /* modify variables */
               var++;
          }else
               sleep(60); /* ***parent***;
                          try to guarantee that   child ends first*/
          printf("pid = %d, ppid = %d, glob = %d, var = %d\n", getpid(),
                              getppid(), glob, var);
          return 0;
}
```

Exemplo 4 - mypid *x* gettpid (arquivo myPID.c)

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
/* #include <sys/type.h> */

int main(void) {
   pid_t childpid;
   pid_t mypid;

   mypid = getpid();
   childpid = fork();
   if (childpid == -1) {
                perror("Failed to fork");
                return 1;
   }
   if (childpid == 0)
        printf("I am child %ld, ID = %ld\n",(long int)  getpid(),
                (long int) mypid);
   else
                printf("I am parent %ld, ID = %ld\n", (long int) getpid(),
                        (long int) mypid);
   return 0;
}
```

Exemplo 5 – Simple Chain (arquivo simple_chain.c)

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

int main (int argc, char *argv[]) {
   pid_t childpid = 0;
   int i, n;

   if (argc != 2){   /* check for valid number of command-line arguments */
      fprintf(stderr, "Usage: %s processes\n", argv[0]);
      return 1;
   }
   n = atoi(argv[1]);
   for (i = 1; i < n; i++)
      if (childpid = fork())
         break;

   fprintf(stderr, "i:%d  process ID:%ld  parent ID:%ld  child ID:%ld\n",
           i, (long)getpid(), (long)getppid(), (long)childpid);
   return 0;
}
```

TAREFAS (roteiro)

1. Escreva um programa C que receba como parâmetro de entrada um inteiro N. Este pro-grama deve criar uma sequência de N filhos. Você deve usar a estrutura **for**.

2. Dado o código a seguir, calcule quantos processos são criados (além do processo principal) quando **n=3**?

Exemplo 6 – Chain Geral (arquivo chain_geral.c)

```
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
int main (int argc, char *argv[]) {
   pid_t childpid = 0;
   int i, n;
    /* check for valid number of command-line arguments */
     n = atoi(argv[1]);
   for (i = 1; i < n; i++)
      if ((childpid = fork()) == -1)
         break;
    fprintf(stderr, "i:%d  process ID:%ld  parent ID:%ld  child ID:%ld\n",
           i, (long)getpid(), (long)getppid(), (long)childpid);
   return 0;
}
```

O Comando ps

(retirado de *man ps*) *By default, ps selects all processes with the same effective user ID (euid=EUID) as the current user and associated with the same terminal as the invoker. It displays process ID (pid=PID), terminal associated with the process (tname=TTY), cumulated CPU time in [dd-]hh:mm:ss format (time=TIME), and the executable name (ucmd=CMD). Output is unsorted by default*.

Alguns tributos:

a	Lista todos os processos
e	Mostra as variáveis associadas aos processos
f	Mostra a árvore de execução dos processsos
l	Mostra mais campos
u	Mostra o nome do usuário e a hora de inicio
x	Mostra os processos que não estão associados a terminais
t	Mostra todos os processos do terminal

Opções interessantes:

$ ps	Lista os processos do usuário associados ao terminal
$ ps l	Idem, com informações mais completas
$ ps a	Lista também os processos não associados ao terminal
$ ps u	Lista processos do usuário
$ ps U <user> ou $ps -u <user>	Lista processos do usuário <user>
$ ps p <PID>	Lista dados do processo PID
$ ps r	Lista apenas os processos no estado running

$ ps al, $ ps ux, $ ps au, $ ps aux

O Comando ps (cont.)

```
ctic-ufes@ctic-ufes:~/Documentos/Exemplos-SO$ ps
 PID    TTY      TIME     CMD
 2464   pts/0    00:00:00 bash
 2885   pts/0    00:00:00 ps
```

```
ctic-ufes@ctic-ufes:~/Documentos/Exemplos-SO$ ps -la
```

F	S	UID	PID	PPID	C	PRI	NI	ADDR	SZ	WCHAN	TTY	TIME	CMD
0	S	1000	2608	2592	0	80	0	-	888	wait	pts/1	00:00:00	man
0	S	1000	2618	2608	0	80	0	-	847	n_tty_	pts/1	00:00:00	pager
0	R	1000	2878	2464	0	80	0	-	626	-	pts/0	00:00:00	ps

F:flags, S:state, PID:identificador do Processo, PPID:identificador do Pai do Processo, C:CPU utilization for scheduling (uso muito baixo é reportado como zero), NI:nice value, ADDR: process memory address, SZ:tamanho da imagem do processo, WCHAN:rotina do kernel em que o processo dorme (processos em execução são marcados com hífen), TIME: Tempo acumulado de processamento, CMD:nome do Comando

O Comando ps (cont.)

ESTADOS DOS PROCESSOS

D uninterruptible sleep (usually IO, ex: **D**isk)
R **R**unning or **R**unnable (on run queue)
S interruptible **S**leep (waiting for an event to complete)
T s**T**opped by job control signal
t s**t**opped by debugger during the tracing
X dead (should never be seen)
Z defunct ("**Z**ombie") process, terminated but not reaped by its parent

<	Corre em alta prioridade
N	Corre em baixa prioridade
L	Aloca as páginas na memória
s	Líder de sessão, garante que o processo termina quando o user faz *logout*
l	Processo em multi-thread
+	Corre em *foreground*

Processo Zombie

- Um processo que termina não pode deixar o sistema até que o seu **pai aceite o seu código de terminação** (valor retornado por main() ou passado a exit()) , através da execução de uma chamada aos serviços wait() / waitpid().
- Um processo que terminou, mas cujo **pai ainda não executou um dos wait's** passa ao estado "**zombie**". Na saída do comando ps o estado destes processos aparece como **Z** e o seu nome identificado como <defunct>.
- Quando um processo passa ao estado de zombie a sua memória é liberada mas permanece no sistema alguma informação sobre ele (processo continua ocupando a tabela de processos do kernel).
- Se o processo pai terminar antes do filho, esse torna-se órfão e é adotado pelo processo init (PID=1).
  - No Linux, ele é adotado pelo systemd

Exemplo 7 – Zombie(1) (arquivo testa_zombie_1.c)

```
/* rodar o programa em background */
#include <errno.h>
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{
  int pid ;
  printf("Eu sou o processo pai, PID =  %d, e eu vou criar um filho.\n",getpid()) ;
  pid = fork() ;
  if(pid == -1) /* erro */
  {
    perror("E impossivel criar um filho") ;
    exit(-1) ;
  }
  else if(pid == 0) /* filho */
  {
    printf("Eu sou o filho, PID = %d. Estou vivo mas vou dormir um pouco. Enquanto isso, use o comando ps -l para conferir o
meu PID, o meu estado (S=sleep), o PID do meu pai e o estado do meu pai (R=running). Daqui a pouco eu acordo.\n",getpid()) ;
    sleep(20) ; //vc também pode “matá-lo” via terminal … assim o proc não vai imprimir essa mensagem abaixo*/
    printf("Acordei! Vou terminar agora. Confira novamente essas informações. Nãããooooooo!!! Vou virar um zumbi!!!\n") ;
    exit(0) ;
  }
  else /* pai */
  {
    printf(“agora estou entrando em um loop infinito. Tchau!\n") ;
    for(;;) ; /* pai bloqueado em loop infinito */
  }
}
```

TAREFAS (roteiro)

3. Implemente um programa C que possui uma variável do tipo `array` contendo 10 **números desordenados**. Esse processo `MAIN` deve criar um filho. Em seguida o `MAIN` deve ordenar o array usando "**ordenação simples**", enquanto o **filho** deve fazer "**quick sort**". Ao final da ordenação, cada processo deve exibir o tempo gasto para realizar a mesma. O processo que acabar primeiro deve matar (`kill()`) o seu "parente"e imprimir uma msg avisando sobre o "assassinato" (ex. "Sou o pai, matei meu filho!"). Observem que não deve ser possível que os dois processos mostrem as mensagens de assassinato.

Exemplo 8 – Zombie + wait (arquivo testa_zombie_2.c)

```
/* rodar em background */
#include <errno.h>
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{
   int pid ;
   printf("Eu sou o processo pai, PID =  %d, e eu vou criar um filho.\n",getpid()) ;
   pid = fork() ;
   if(pid == -1) /* erro */
   {
      perror("E impossivel criar um filho") ;
      exit(-1) ;
   }
   else if(pid == 0) /* filho */
   {
      printf("Eu sou o filho, PID = %d. Estou vivo mas vou dormir um pouco. Use o comando ps -l para conferir o meu estado e o do
meu pai. Daqui a pouco eu acordo.\n",getpid()) ;
      sleep(60) ;
      printf("Sou eu de novo, o filho. Acordei mas vou terminar agora. Use ps -l novamente.\n") ;
      exit(0) ;
   }
   else /* pai */
   {
      printf("Bem, agora eu vou esperar pelo término da execução do meu filho. Tchau!\n") ;
      wait(NULL) ;  /* pai esperando pelo término do filho */
   }
}
```

TAREFAS (roteiro)

4. Montar a árvore de processos gerada com a execução o código a seguir.

```
c2 = 0;
c1 = fork();                    /* fork number 1 */
if (c1 == 0)
   c2 = fork();                 /* fork number 2 */
fork();                         /* fork number 3 */
if (c2 > 0)
   fork();                      /* fork number 4 */
exit();
```

Referências

Kay A. Robbins, Steven Robbins,

UNIX systems programming: communication, concurrency, and threads. Prentice Hall Professional, 2003 - 893 pages

- Capítulo 3