UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ

INSTITUTO DE MATEMÁTICA – IM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – DCC

ESTUDO SOBRE SUBPROCESSOS COOPERATIVOS

Disciplina: Sistemas Operacionais
Professor: Thomé

Júlio César Machado Bueno	106033507
Luiza Diniz e Castro	107362705
Roberta Santos Lopes	107362886

Sumário

Estudo de Comandos....3
fork()....3
exec....4
execl()....4
wait()....4
exit()....5
getpid()....5
getppid()....6
Prog1....7
Funcionamento....7
Saída do Console....8
Resposta às perguntas no Programa....8
Prog2....9
Funcionamento....9
Saída do Console....10
Resposta às perguntas no Programa....10
Conclusões sobre a ordem em que os processos são ativados e a ordem em que ganham a CPU....10
Prog3....11
Especificação geral....11
Versão 1....11
Estrutura e Análise....11
Versão 2....12
Estrutura e Análise....12
Versão 3....13
Estrutura e Análise....13
Shared Memory....13
Configuração da máquina utilizada no desenvolvimento e testes....14
Análise dos resultados....15
Comparação de desempenho entre as versões....15
Apêndice....16
Prog1.c....16
Prog2.c....19
Prog3a.c....23
Prog3b.c....27
Prog3c.c....32
Método de execução....37

Estudo de Comandos

fork()

A função *fork()* é uma primitiva que possibilita a criação de um novo processo em um sistema UNIX. Este novo processo é denominado “processo filho” ou subprocesso, e possui o mesmo código fonte e *uid* (*User Identifier*) que o seu processo criador (“processo pai”). Apesar disso, o processo filho possui atributos diferenciados, como o PID (*Process Identifier),* e é tratado de forma dissociada do seu processo pai pelo Sistema Operacional.

O relacionamento entre o processo pai e processo filho se dá de forma unilateral, onde o pai conhece o PID do seu processo filho enquanto o processo filho não conhece o PID do seu pai, exceto por rotinas de maior privilégio.

A criação de um subprocesso exige que o programador tenha cuidados com o uso de recursos compartilhados como arquivos e variáveis de escopo público. Todas as varáveis possuem valores idênticos até a execução do *fork()*. Isto é, se uma variável instanciada de forma compartilhada (anterior ao *fork()*) for alterada pelo filho, essa alteração se refletirá durante a execução do pai e vice-versa. Além disso, outro cuidado a ser tomado é com a finalização dos processos e seus subprocessos. No caso dos processos pai e filho estarem em execução, se o processo pai for finalizado, o filho também o será. Todavia, se o processo filho for finalizado, o processo pai continuará sua execução normalmente.

A primitiva fork() funciona da seguinte maneira:

1. Verifica se há lugar na Tabela de Processos;
2. Tenta alocar memória para o filho;
3. Altera mapa de memória e copia para a tabela;
4. Copia imagem do *pai* para o filho;
5. Copia para a tabela de processos a informação do processo pai (PID, prioridades, estado, etc);
6. Atribui um PID ao filho
7. Informa ao *Kernel* e o sistema de arquivos que foi criado um novo processo.

A seguir um exemplo de uso da função *fork()*

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;
     //Exibe o ID do processo corrente
     printf("Processo Corrente - %i\n\n", getpid());

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai");
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Eu sou o processo filho");
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

exec

A primitiva exec é formada por um grupo de funções: *execl()*, *execlp()*, *execle()*, *execv()*, *execvp(),* que permitem a execução de um programa externo ao processo corrente. Em outras palavras, permitem lançar, de forma independente, outro processo proveniente do sistema de arquivos. Não representa a criação de um processo efetivamente, mas sim a substituição do programa em execução.

Na chamada de um *exec*, existe uma sobreposição do segmento de instruções do processo que o chamou pelo segmento de instruções do processo que foi chamado (passado como argumento da função exec). Dessa forma, quando a chamada for bem sucedida, não existirá retorno do exec para o processo que estava em execução, já que o endereço de retorno desaparece quando ele morre. Porém, quando alguma das funções do grupo exec retorna, um erro ocorreu. Sendo assim, existirá um valor de retorno igual a -1.

execl()

A principal diferença dessa função para as demais é o número conhecido de parâmetros a serem passados. O primeiro informa ao processo em execução o caminho do processo a ser chamado. Os demais são passados como argumentos para o processo que foi chamado.

A seguir um exemplo do uso de *execl()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     //Executa o comando ls
     execl("/bin/ls", "/bin/ls", NULL);
}
```

wait()

A função *wait()* suspende a execução do processo corrente até que todos os seus processos filhos sejam finalizados. Em seguida, o processo pai retorna sua execução do ponto onde parou. Um processo filho se torna um processo zumbi, quando seu processo pai termine antes dele. Dessa forma, ele continua a existir como entrada na tabela de processos do sistema operacional, mesmo que ele não esteja mais ativo para execução.

A seguir um exemplo de uso de *wait()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id, status;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai e a seguir vou aguardar pelo
meu filho.");
                    wait(&status);
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Eu sou o processo filho");
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

exit()

Um processo pai pode estar esperando o término da execução de seu processo filho através do comando wait. O término da execução do processo filho ocorre através de uma chamada ao exit ou quando ele é abortado. Após a execução do comando exit, um status de saída é enviado ao sistema operacional e um sinal de SIGCHLD é enviado ao processo pai, indicando término com sucesso. Dessa forma, o pai volta a executar.
Lembrando que, caso um processo filho não esteja mais associado ao seu processo pai, ele se torna um processo zumbi.

Os parâmetros possíveis para a função exit são zero ou qualquer inteiro diferente de zero. Indicando, respectivamente, que o processo foi finalizado com sucesso ou que foi encerrado com erro.

A seguir um exemplo de uso de *exit()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai .");
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Eu sou o processo filho e vou terminar a minha
execução normalmente.");
                     exit(0);
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

getpid()

Retorna o PID do processo corrente em formato de número inteiro.

A seguir um exemplo de uso de *getpid()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai de ID %i", getpid()) ;
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Eu sou o processo filho de ID %i", getpid()) ;
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

getppid()
Retorna o PID do processo pai do processo corrente em formato de número inteiro.

A seguir um exemplo de uso de *getppid()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai de ID %i", getpid()) ;
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Meu processo pai é de ID %i", getppid()) ;
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

Prog1

Funcionamento

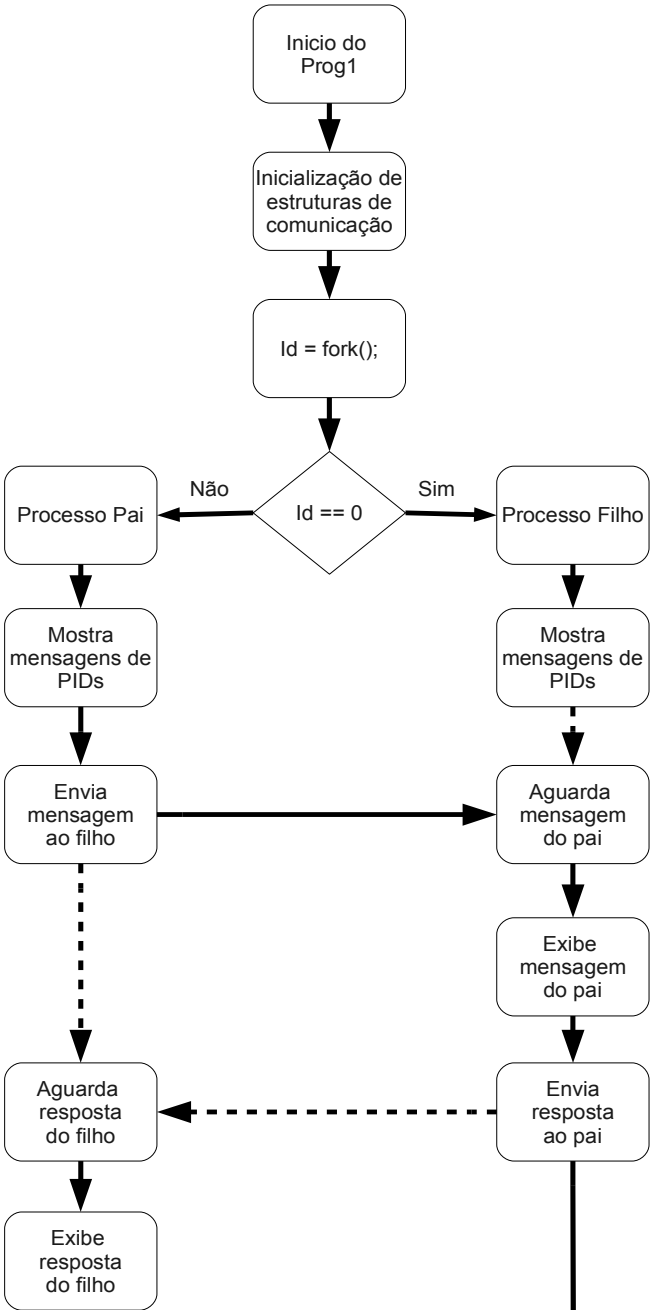
O Prog1.c exemplifica a utilização de comandos como *fork()* e *exec()*, associados ao uso de:

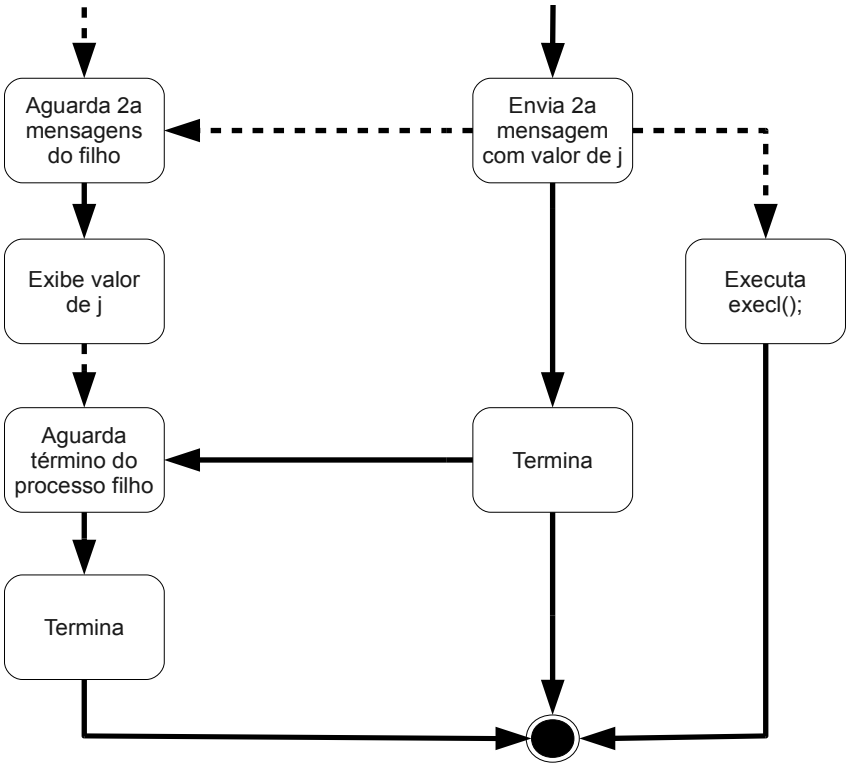
- Comunicação inter-processos (através de *POSIX*).
- Manipulação de sequência de execução inter-processos (através do *wait()*).
- Término e retorno de processos.

É importante ressaltar que o Prog1 pode ser levado a um estado de *Deadlock* pelo compartilhamento do recurso consumível da fila de mensagens. Isso poderá acontecer caso o processo filho seja executado antes do processo pai. Neste caso, o processo filho fica aguardando uma mensagem do processo pai, que nunca chegará, e o processo pai fica aguardando uma mensagem do processo filho.

A fim de evitar essa possibilidade, foi introduzido no código do processo pai uma chamada *wait()* para aguardar o término do processo filho e garantir a seqüência correta de envio de mensagens.

Para melhor entendimento da execução do programa descrito, foi desenvolvido o fluxograma abaixo:





Saída do Console

```
Processo Corrente - 14225


Sou o processo Pai de PID 14225 e tenho o processo Filho de PID 14226
Mensagem enviada ao Filho: Olá processo Filho!
Sou o processo de PID 14226 e tenho o Processo Pai de PID 14225
Mensagem enviada pelo pai - Olá processo Filho!
Prog1  Prog1.c    Prog2  Prog2.c    README.txt  Trab1_Descricao_2011_2.pdf
     Trabalho Escrito.doc  Trabalho Escrito PDF.pdf
1a Mensagem enviada pelo filho - Olá processo Pai!
2a Mensagem enviada pelo filho - j=10001
O Processo Filho terminou e o pai também se encerrará.
```

Resposta às perguntas no Programa

As respostas abaixo também estão contidas em forma de comentários no código do Prog1.

execl("/Bin/ls", "ls", NULL);

1) O que acontece após este comando?

O processo filho executa o comando execl que é criado pelo SO de forma independente. Isso ocorre, pois o ls não é uma instância de Prog1, diferentemente dos processos filho e pai. Sendo assim, esse comando será executado pelo SO de forma dissociada dos demais. Quando a execução do *execl()* é bem sucedida, o segmento de instruções do processo filho (processo corrente) é substituído pelo segmento do processo que foi chamado pelo *execl()*, portanto o processo filho não continua em execução. Por sua vez, o processo pai identifica que o processo filho não existe mais e continua sua própria execução.

2) O que pode acontecer se o comando "execl" falhar?

O comando *execl()* retorna o valor -1, indicando que houve falha na sua execução. Neste caso, o processo filho (processo corrente) retorna sua execução normalmente.

Prog2

Funcionamento

O Prog2.c mostra a criação seqüencial de diversos subprocessos a fim de gerar uma árvore encadeada de processos. Isso ocorre devido a uma iteração responsável por criar subprocessos a partir de outros subprocessos. O número dessas iterações é determinado pela variável m.

Além disso, o Prog2 permite que os processos pais armazenem os PIDs de seus processos filhos e apresentem estes PIDs no momento em que o processo pai inicia a espera pelo término dos mesmos.

Executando o Prog2 inicialmente com o valor m=0 e, modificando incrementalmente o parâmetro m para 1, em seguida para 2 e 3, podemos observar que árvore gerada não é balanceada e o nó associado ao Processo Pai Original possui um número de filhos igual a m+1.

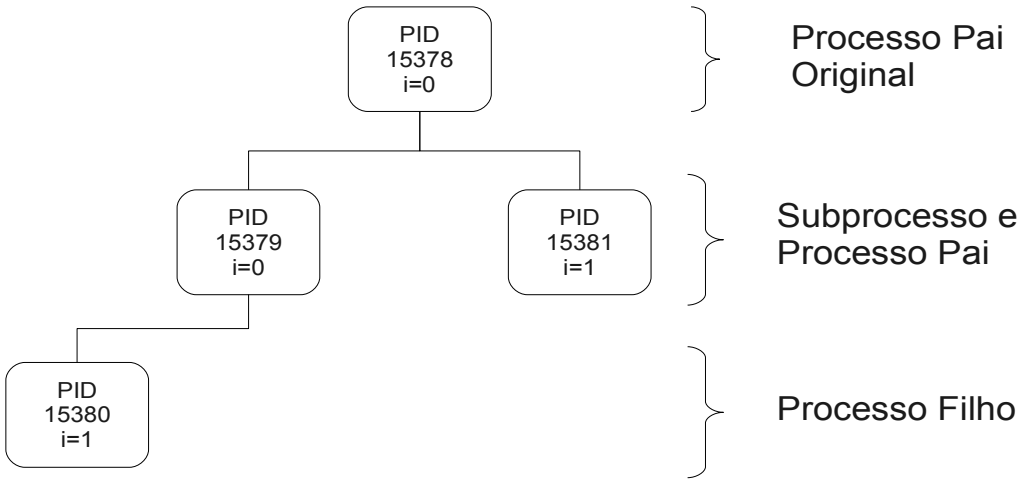
m	Número de processos
0	2
1	4
2	8
3	16

Podemos então deduzir empiricamente que o número total de processos gerados pelo Prog2 pode ser dado pela fórmula:

$$\text{nº de processos} = 2^{(m+1)}$$

Desta forma, podemos concluir que para o valor de m=4 teremos 32 processos e para m=10 2048 processos.

A seguir, um exemplo de uma árvore gerada para a variável configurada em m = 1.



Saída do Console

```
PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 0  |  d2 = 1

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 0  |  d2 = 1  |  m = 1

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 1  |  d2 = 4  |  m = 1  Ramo if

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 1  |  d2 = 4  |  m = 1

PID do processo corrente = 15379  |  d1 = 0  |  d2 = 3  |  m = 1  Ramo else

PID do processo corrente = 15379  |  d1 = 0  |  d2 = 3  |  m = 1

PID do processo corrente = 15379  |  d1 = 2  |  d2 = 9  |  m = 1  Ramo if

PID do processo corrente = 15379

PID do processo corrente = 15379 e número de filhos = 1

O processo de PID = 15379 está esperando os seguintes filhos: 15380

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 3  |  d2 = 13  |  m = 1  Ramo if

PID do processo corrente = 15378

PID do processo corrente = 15380  |  d1 = -1  |  d2 = 12  |  m = 1  Ramo else

PID do processo corrente = 15378 e número de filhos = 2

O processo de PID = 15378 está esperando os seguintes filhos: 15379 15381

PID do processo corrente = 15381  |  d1 = 0  |  d2 = 12  |  m = 1  Ramo else

PID do processo corrente = 15378 e número de filhos = 2

O processo de PID = 15378 está esperando os seguintes filhos: 15379 15381
```

Resposta às perguntas no Programa

Todas as perguntas foram respondidas como comentários no próprio código do Prog2.

Verifique e apresente suas conclusões sobre a ordem em que os processos são ativados e a ordem em que ganham a CPU.

Apesar dos processos serem criados a partir de um único processo pai original, a ordem em que eles ganham a CPU e outros recursos depende exclusivamente do sistema operacional. Isso significa que após a criação de um processo filho, a partir da função *fork()*, tanto o processo pai quanto o processo filho podem ganhar a CPU, não havendo prioridades. Porém, a ordem de criação é respeitada e assim o valor do PID do processo pai sempre será menor que o do seu processo filho. A utilização do comando *wait()*, garante, durante a execução do processo pai, que ele aguarde pelo término de todos seus processos filhos.

Prog3

Especificação geral

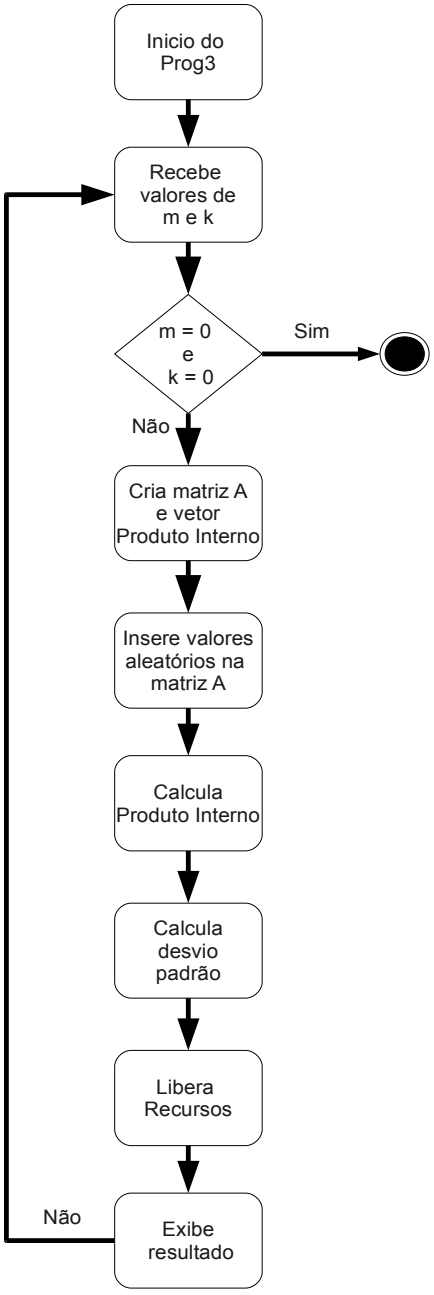
O Prog3 foi construído atendendo às especificações de processamento do Produto Interno de uma linha da matriz de dimensões m x k, definidos pelo usuário. Esse produto interno é dado pela fórmula:

$$PI_i = \sum_{j=1}^{k} A_{i,j} * A_{j,i}$$

Versão 1

Estrutura e Análise

A versão 1 do Prog3 (ou Prog3a) segue o requerimento de realizar todo o processamento de forma seqüencial (sem nenhum paralelismo explícito). A seguir, temos um fluxograma que exemplifica o fluxo de processamento:



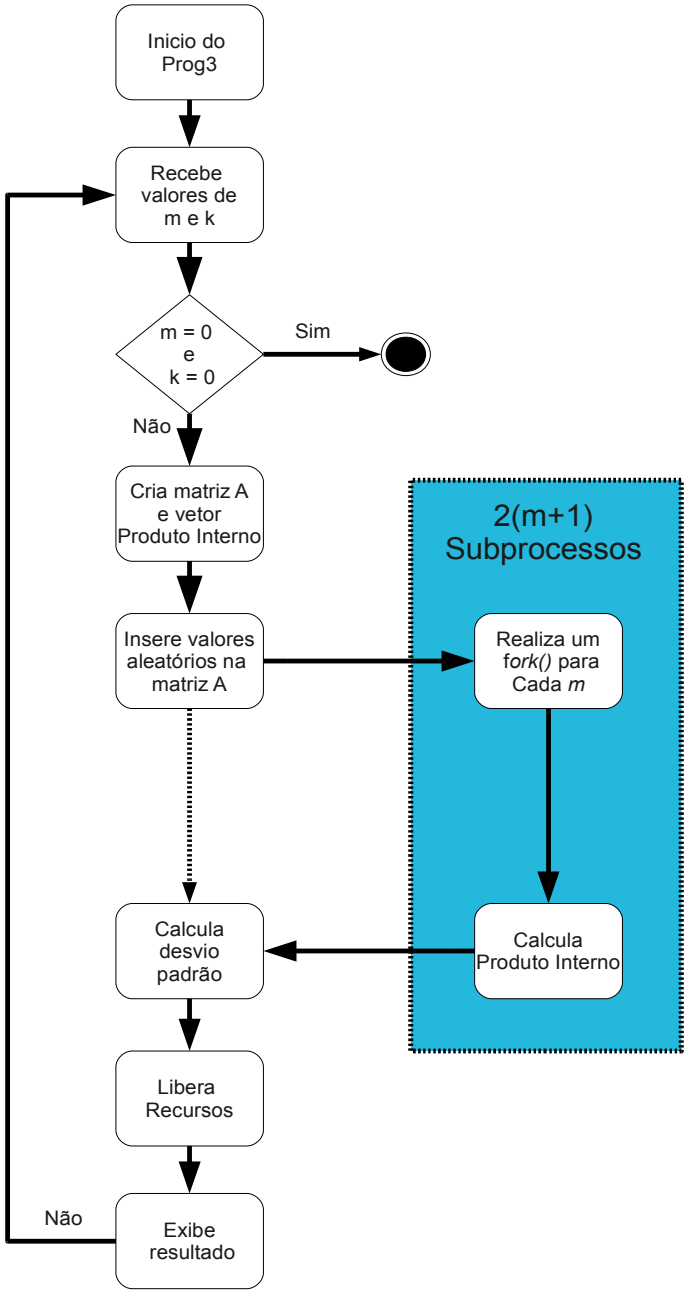
Dado que o Prog3a não possui nenhuma técnica de processamento paralelo, podemos esperar que o seu desempenho seja caracterizado pela sensibilidade aos valores de *m* e *k*. *P*ortanto, a fim de estabelecermos uma notação de comparação, podemos dizer que o algoritmo possui a complexidade de $O(n^2)$.

Versão 2

Estrutura e Análise

A versão 2 do Prog3 (ou Prog3b) tem como base a versão do Prog3a. Nela, é feita uma tentativa de melhoria de performance e aproveitamento de recursos. Para isso, a cada cálculo do Produto Interno foi criado um processo para calcular uma determinada linha *m* da matriz A gerada.

A seguir o fluxograma do programa apresentado:



Devido ao elevado número de subprocessos gerados no Prog3b, observou-se que a tática adotada para melhorar a performance da implementação anterior (Prog3a), na realidade piora os resultados obtidos. Tal fato ocorre devido aos seguintes fatores:

- O Sistema Operacional precisa alocar recursos, como o time-slice, para todos os subprocessos criados. Isso prejudica a performance da tarefa, devido ao elevado overhead do SO. Em outras palavras, o Sistema Operacional gasta mais tempo nas rotinas de controle dos subprocessos criados do que na execução da tarefa.

- Como há muitos processos concorrentes, há também um grande número de trocas de contexto.

Desta forma podemos concluir que a implementação é altamente sensível a aumentos no valor de *m*. Sendo assim, a versão Prog3b não se mostrou proveitosa, necessitanto de uma outra abordagem, descrita a seguir.

Versão 3

Estrutura e Análise

Conforme solicitado, a versão 3 do Prog3 (ou Prog3c) apresenta uma solução alternativa à versão 2, também visando uma melhoria na performance e no aproveitamento dos recursos computacionais disponíveis.

Sabendo-se que a carga de teste foi realizada em uma máquina com CPU de dois núcleos, a abordagem adotada gerou apenas dois processos: Processo Pai e Processo Filho. Cada um, individualmente, responsável por um segmento da matriz A. Ou seja, a primeira metade dos Produtos Internos é calculada pelo Processo Pai e a segunda metade pelo Processo Filho.

Caso a CPU tivesse mais núcleos, a divisão poderia ser feita em mais processos. Logo, para esta implementação, a quantidade de processos criados é igual a quantidade de núcleos da CPU.

Esta abordagem se mostra bastante eficiente em CPUs com múltiplos núcleos e possui as seguintes vantagens:

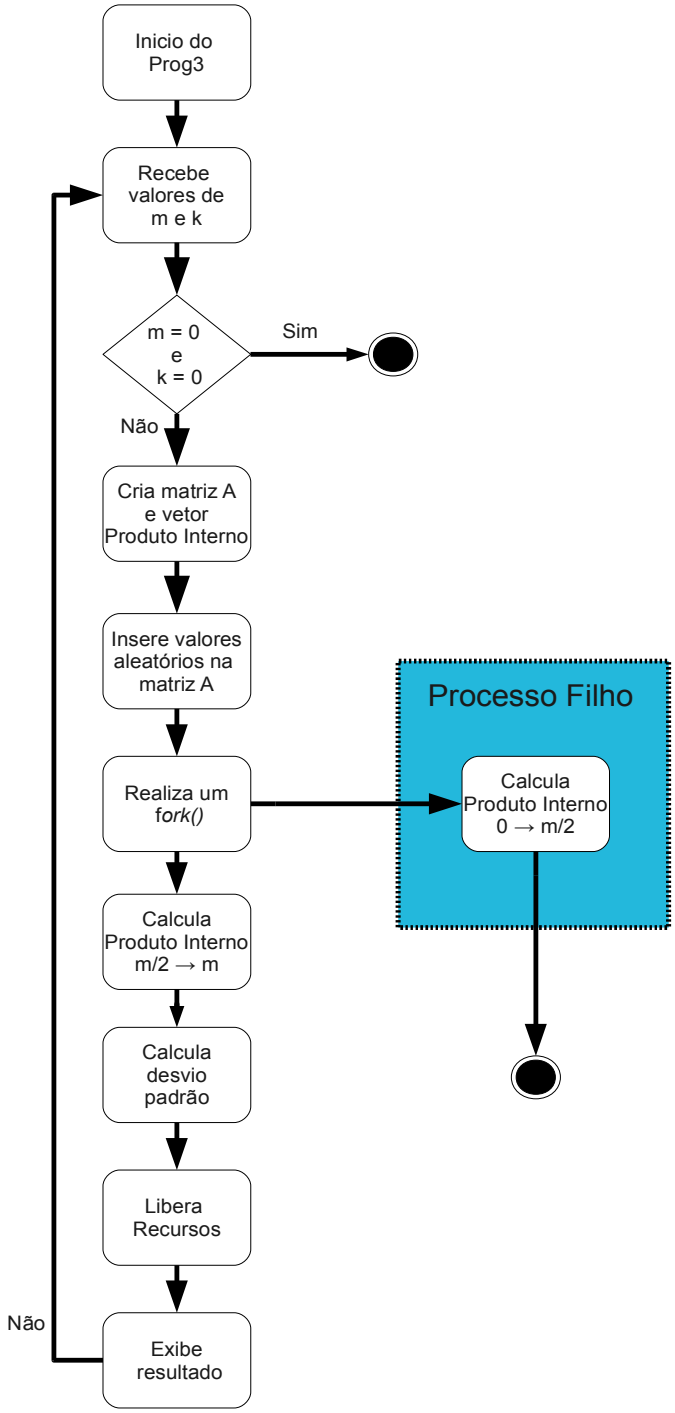
- Não gera *overhead* ao SO uma vez que só há a criação de um único processo (no caso específico da CPU com dois núcleos - Prog3c).
- Não há um aumento significativo de trocas de contexto entre processos.
- Não há concorrência entre os subprocessos.

Desta forma, obtém-se uma melhoria em relação ao programa Prog3a, sem os efeitos negativos da implementação de Prog3b.

Shared Memory

Tanto na implementação da Versão 2 quanto na Versão 3, foram utilizadas técnicas de compartilhamento de memória (*shared memory*) para que os valores calculados em cada subprocesso fossem compartilhados com os demais, obtendo-se assim a cooperação desejada. O *shared memory* possui a vantagem de fazer com que o acesso aos recursos compartilhados (neste caso, valores de variáveis) seja realizado de forma eficiente e direta. É importante lembrar, entretanto, que existem diversas implementações e restrições que dependem diretamente do SO que são difíceis de ser contornadas.

A seguir, tem-se o fluxo onde o Processo Filho possui sua execução independente do Processo Pai e tem como única função o cálculo da parcela de *m* linhas de A.



Configuração da máquina utilizada no desenvolvimento e testes

As implementações e testes foram realizados nas máquinas do LCI-UFRJ, que apresentam a seguinte configuração:

Intel Core 2 Duo E7300 2,66GHz 2 GB Memória RAM HD 40 GB Sistema Operacional: Gentoo World

Análise dos resultados

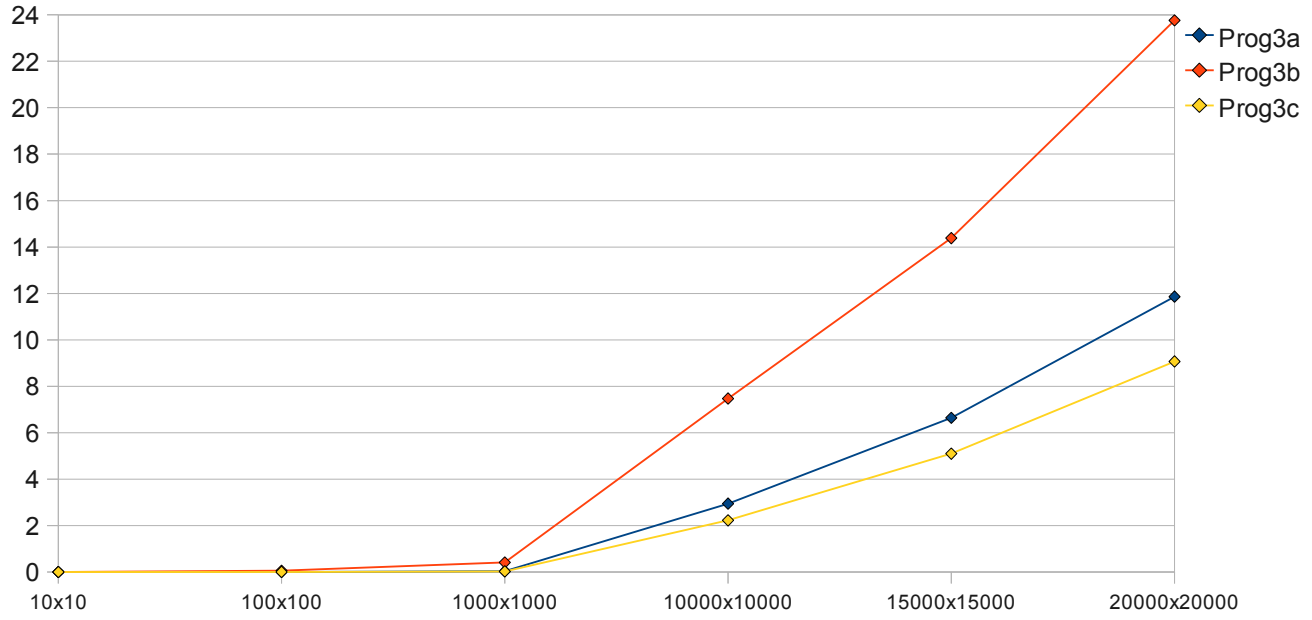
A seguir, temos os valores dos testes de performance realizados comparativamente entre os processos. Para fim de comparações equivalentes, utilizamos valores de *m* e *k* iguais e seus incrementos de forma a deixar claro a natureza de cada programa.

Os resultados obtidos através da execução dos programas estão listados na tabela abaixo:

Dimensão da Matriz *m* x *k*	**Versão 1** Tempo (segundos)	**Versão 2** Tempo (segundos)	**Versão 3** Tempo (segundos)
10 X 10	0,000	0,001	0,000
50 X 50	0,001	0,024	0,004
100 X 100	0,004	0,053	0,004
500 X 500	0,011	0,198	0,009
1000 X 1000	0,033	0,408	0,028
5000 X 5000	0,747	2,755	0,574
10000 X 10000	2,947	7,472	2,227
15000 X 15000	6,644	14,382	5,099
20000 X 20000	11,864	23,761	9,068

Comparação de desempenho entre as versões

O gráfico a seguir mostra os mesmo valores da tabela anterior para que possa ser visível a diferença de performance entre cada programa, assim como o seu comportamento diante da variação da entrada.



É importante perceber que para valores de *m* e *k* menores que 1000 a diferença de performance entre os programas é irrelevante.

Apêndice

A seguir disponibilizamos os códigos fonte de todos os programas utilizados no estudo.

Prog1.c

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <sys/wait.h>
#include <sys/stat.h>
#include <mqueue.h>

#define MSG_SIZE 256
#define MAX_MSG_SIZE 10000
#define MSGQOBJ_NAME "/IPC_CHANNEL1"

int main(void){
     int  status, id, j;

     //Cria as estruturas de IPC e o canal de comunicação POSIX
     mqd_t msgq_id;
     unsigned int sender;
     char msgcontent[MSG_SIZE];
     char msgcontentRCV[MAX_MSG_SIZE];
     struct mq_attr msgq_attr;
     int msgsz;

     msgq_id = mq_open(MSGQOBJ_NAME, O_RDWR | O_CREAT | O_EXCL, S_IRWXU |
S_IRWXG, NULL);
     if (msgq_id < 0) {
          msgq_id = mq_open(MSGQOBJ_NAME, O_RDWR);
          if(msgq_id < 0){
               perror("mq_open");
               exit(1);
          }
     }

     //Insira um comando para pegar o PID do processo corrente e mostre na tela
da console.
     printf("Processo Corrente - %i\n\n", getpid());

     id = fork();

     if (id != 0){
          //Faça com que o processo pai execute este trecho de código
          //Mostre na console o PID do processo pai e do processo filho
          printf("Sou o processo Pai de PID %i e tenho o processo Filho de PID
%i\n", getpid(), id);


          //Monte uma mensagem e a envie para o processo filho
          strcpy(msgcontent, "Olá processo Filho!");
          mq_send(msgq_id, msgcontent, strlen(msgcontent)+1, 10);


          //Mostre na tela o texto da mensagem enviada
          printf("Mensagem enviada ao Filho: %s\n", msgcontent);
```

```
          //Aguarde a resposta do processo filho
          wait(&status);
          msgsz = mq_receive(msgq_id, msgcontentRCV, MAX_MSG_SIZE, &sender);
          if (msgsz == -1) {
               perror("mq_receive()");
               exit(1);
          }

          //Mostre na tela o texto recebido do processo filho
          printf("\n1a Mensagem enviada pelo filho - %s\n", msgcontentRCV);


          //Aguarde mensagem do filho e mostre o texto recebido
          msgsz = mq_receive(msgq_id, msgcontentRCV, MAX_MSG_SIZE, &sender);
          if (msgsz == -1) {
               perror("mq_receive()");
               exit(1);
          }
          printf("2a Mensagem enviada pelo filho - %s\n", msgcontentRCV);


          //Aguarde o término do processo filho
          wait(&status);
          mq_close(msgq_id);


          //Informe na tela que o filho terminou e que o processo pai também
vai encerrar
          printf("O Processo Filho terminou e o pai também se encerrará.\n");
          exit(0);
     }else{
          //Faça com que o processo filho execute este trecho de código
          //Mostre na tela o PID do processo corrente e do processo pai
          printf("Sou o processo de PID %i e tenho o Processo Pai de PID %i\n",
getpid(), getppid());


          //Aguarde a mensagem do processo pai e ao receber mostre o texto na
tela
          mq_getattr(msgq_id, &msgq_attr);
          msgsz = mq_receive(msgq_id, msgcontentRCV, MAX_MSG_SIZE, &sender);
          if (msgsz == -1) {
               perror("mq_receive()");
               exit(1);
          }
          printf("Mensagem enviada pelo pai - %s\n", msgcontentRCV);


          //Envie uma mensagem resposta ao pai
          strcpy(msgcontent, "Olá processo Pai!");
          mq_send(msgq_id, msgcontent, strlen(msgcontent)+1, 10);


          //Execute o comando "for" abaixo
          for (j = 0; j <= 10000; j++);


          //Envie mensagem ao processo pai com o valor final de "j"
          sprintf(msgcontent, "j=%i", j);
          mq_send(msgq_id, msgcontent, strlen(msgcontent)+1, 10);
```

```
            //Execute o comando abaixo e responda às perguntas
            printf("\n");
            execl("/bin/ls", "ls", NULL);

            /*


==========================================================================
=====================================
            Responda:O que acontece após este comando?
                  O processo filho executa o comando execl que é criado pelo SO
de forma independente.
                  Isso ocorre, pois o ls não é uma instância de Prog1,
diferentemente dos processos filho e pai.
                  Sendo assim, esse comando será executado pelo SO de forma
dissociada dos demais.
                  Quando a execução do execl() é bem sucedida, o segmento de
instruções do processo filho (processo corrente) é
                  substituído pelo segmento do processo que foi chamado pelo
execl(), portanto o processo filho não continua em execução.
                  Por sua vez, o processo pai identifica que o processo filho não
existe mais e continua sua própria execução.


            Responda:O que pode acontecer se o comando "execl" falhar?
                  O comando execl() retorna o valor -1, indicando que houve falha
na sua execução.
                  Neste caso, o processo filho (processo corrente) retorna sua
execução normalmente.
            ---------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
            */


            mq_close(msgq_id);
            exit(0);
      }

}
```

Prog2.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <string.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

#define m 1

int i, j, k, id, d1, d2, status;
int nFilhos = 0;
int meuPID = -1;
char pid[16];
char pid_list[512];

int main(void) {

            //inicialize as variaveis d1 e d2 com valores distintos;
            d1 = 0;
            d2 = 1;


            printf("\n");
            //mostre o PID do processo corrente e os valores de d1 e d2 na
tela da console
            printf("PID do processo corrente = %i    |    d1 = %i    |    d2 =
%i\n\n", getpid(), d1, d2);


            /*

==========================================================================
=======================================
            Responda: Quais processos executarao este trecho do codigo?
                  Somente o processo pai original ("raiz da arvore de
processos") executará este trecho.
            ------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
            */

            j = 0;

            for (i = 0; i <= m; i++){
               //mostre na tela da console, a cada passagem, os seguintes
valores: PID do processo corrente; "i", "d1", "d2" e "m"
               printf("PID do processo corrente = %i     |     d1 = %i     |
d2 = %i    |   m = %i\n\n", getpid(), d1, d2, m,i);

               /*


==========================================================================
=================================
               Responda: Quais processos executam este trecho do codigo?
               Todos os processos executam este trecho já que neste trecho o
fork() ainda não foi realizado.
               ------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
               */
               id = fork();
```

```
                //Verifica validade da atualização
                if(meuPID != getpid()){
                     meuPID = getpid();
                     nFilhos = 0;
                     //Limpa o meu vetor
                     memset(pid_list, 0, sizeof(pid_list));
                }


                if (id){
                     //altere os valores de d1 e d2 de diferentes maneiras como
exemplificado abaixo
                     d1 = d1 + i + 1;
                     d2 = d2 + d1 * 3;

                     //  mostre  na  tela  da  console,  a  cada  passagem,  os
seguintes valores:
                     //  PID  do  processo  corrente,  "i",  "d1",  "d2",  "m"  e
informe estar no ramo “then” do “if”
                     printf("PID do processo corrente = %i    |    d1 = %i    |
d2 = %i    |   m = %i  Ramo if\n\n", getpid(), d1, d2, m, i,j);

                     //Contabilizando o número de filhos
                     nFilhos++;

                     //Armazenando os processos filhos criados
                     sprintf(pid, "%i ", id);
                     strcat(pid_list, pid);


                     /*


==========================================================================
==================================
                     Responda: Quais processos executam este trecho do coḍigo?
                     Todos os processos que possuem algum subprocesso associado
a ele, ou seja, todos os processos pai.
                     ------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------
                     */
                }else{
                     //altere os valores de d1 e d2 de diferentes maneiras e
tambeḿ diferente do usado no trecho “then”
                     d1 = d1 - i;
                     d2 = (d2 - d1) * 3;

                     //execute o comando de atualizacaõ de “j” abaixo
                     j = i + 1;

                     //mostre na tela da console, a cada passagem, os seguintes
valores: PID do processo corrente; “i”, “d1”, “d2”, “m” e informe
                estar no ramo “else” do “if”
                     printf("PID do processo corrente = %i    |    d1 = %i    |
d2 = %i    |   m = %i  Ramo else\n\n", getpid(), d1, d2, m, i,j);

                     /*


==========================================================================
```

```
==================================
                    Responda: Quais processos executam este trecho do coḍigo?
                    Este trecho de código é executado por todos os processos
que possuem um pai, ou seja, por todos os processos exceto
                    o processo pai original.
                    ------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------
                    */
                }

            }
            /*

================================================================================
==================================
            Responda: Quais processos executam este trecho do coḍigo?
            Todos os processos executam este trecho.
            ------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------
            */


            if (id != 0) {
               //mostre na console o PID do processo corrente e verifique
quais processos executam este trecho do coḍigo
               printf("PID do processo corrente = %i\n", getpid());

               for (i = j; i <= m; i++){
                    /*


================================================================================
==================================
                    Responda: Explique o papel da variaṽel “j”
                    A variável "j" contabiliza a altura da árvore genealógica
a partir dos processos que são filho e pai ao mesmo tempo.
                    Desta forma, o processo pai original e os procesos folhas
(processos filhos que não possuem filhos) não são considerados.

                    Responda: Verifique se o comando “for” estaá correto de
forma que cada processo pai aguarde pelo teŕmino de todos seus
                    processos filhos
                    O comando for(i = j; i == m; i++) está incorreto porque
ele se refere somente ao último pai.
                    O correto seria for(i = j; i<=m; i++), garantindo que cada
processo pai tenha conhecimento de todos os seus filhos e aguarde
                    pelo término deles.
                    ------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------
                    */

                    //mostre na console o PID do processo corrente e o numéro
de filhos que ele aguardou ou estaá aguardando
                    printf("PID do processo corrente = %i e número de filhos =
%i", getpid(), nFilhos);

                    //Mostra os processos que estão sendo esperados no momento
                    printf("\nO processo de PID = %i está esperando os
seguintes filhos: %s\n\n", getpid(), pid_list);
```

```
                    wait(&status);

                    if (status == 0){

                        /*


================================================================================
================================
                        Responda: o que ocorre quando este trecho e´
executado?
                        Os processos filhos referentes ao processo corrente
terminaram a sua execução com sucesso.
                        ------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
                        */
                    }else{
                        /*


================================================================================
================================
                        Responda: o que ocorre quando este trecho e´
executado?
                        Os processos filhos referentes ao processo corrente
ainda não terminaram sua execução ou terminaram com falhas.
                        ------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
                        */


                    }
                }
            }

            exit(0);
}
```

Prog3a.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <math.h>
#include <sys/timeb.h>

#define INF 0x33333333

int **aloca_matriz(int m, int k) {
      //ponteiro para a matriz e variável de iteração
      int **v, i;

      //Veririfica os parâmetros
      if(m < 1 || k < 1 ){
            printf ("\n\nErro: Valores de m e k inválidos!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca a linha da matriz
      v = (int **) calloc (m, sizeof(int *));
      if(v == NULL){
            printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca as colunas
      for( i = 0; i < m; i++ ){
            v[i] = (int*) calloc (k, sizeof(int));
            if(v[i] == NULL){
                  printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
                  exit(1);
            }
      }

      //Retorna a matriz
      return (v);
}



int **free_matriz(int m, int k, int **v){
      int  i;
      if(v == NULL){
            exit(1);
      }

      //Verifica parâmetros
      if(m < 1 || k < 1){
            printf("\n\nErro: Parâmetro invalido!\n\n");
            return(v);
      }

      //Libera as linhas da matriz
      for(i=0; i<m; i++){
            free(v[i]);
      }

      //Libera a matriz
      free(v);
      return (NULL);
```

```
}


int *aloca_vetor(int m){
      //ponteiro do vetor
      int *v;

      //Veririfica o parâmetro
      if(m < 1){
            printf ("\n\nErro: Parâmetro invalido!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca a linha da matriz
      v = (int *) calloc (m+1, sizeof(int *));
      if(v == NULL){
            printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Retorna o vetor
      return (v);
}


int main(void){
      int **matriz, *produtoInterno, i, j, menor_i, maior_i, k, m, menor, maior,
somatorio;
      double soma, soma_desvio, desvio_padrao, tempo_execucao;
      srand((unsigned)time(NULL));
      struct timeb inicio_execucao, fim_execucao;


      //Recebe os valores iniciais de m e k
      printf("Defina o número de linhas  -> m = ");
      scanf("%i", &m);
      printf("Defina o número de colunas -> k = ");
      scanf("%i", &k);


      while( m!= 0 && k!=0 ){
            //Inicia a contagem do tempo de execução
            ftime(&inicio_execucao);


            //Aloca a matriz e vetor de Produto Interno
            printf("\nMontando a matriz... ");
            matriz = aloca_matriz(m, k);
            produtoInterno = aloca_vetor(m);
            printf("Concluído!\n\n");


            //Inicializa outros valores da iteração
            menor = INF;
            maior = -INF;
            menor_i = 0;
            maior_i = 0;
            soma = 0;
            soma_desvio = 0;
            desvio_padrao = 0;
```

```
        //Gera sobre a matriz
        printf("Inserindo valores na Matriz... ");
        for(i=0; i<m; i++){
              for(j=0; j<k; j++){
                    //gera o número aleatório e armazena na matriz
                    matriz[i][j] = (rand()%201)-100;
              }
        }
        printf("Concluído!\n\n");


        printf("Calculando a Produto Interno...");
        fflush(stdout);
        //Calcula o somatório
        for(i=0; i<m; i++){
              somatorio = 0;

              for(j=0; j<k; j++){
                    //Realiza o produto interno
                    somatorio += matriz[i][j] * matriz[i][j];
              }

              //Armazena o PI(i) e soma para cálculo de média
              produtoInterno[i] = somatorio;
              soma += produtoInterno[i];
        }
        printf(" Concluído!\n");


        //Calcula o desvio padrão
        for(i=0; i<m; i++){
              soma_desvio += pow(produtoInterno[i]-(soma/m), 2);

              //Detecta o maior e menor
              if(produtoInterno[i] <= menor){
                    menor = produtoInterno[i];
                    menor_i = i+1;
              }
              if(produtoInterno[i] >= maior){
                    maior = produtoInterno[i];
                    maior_i = i+1;
              }
        }
        desvio_padrao = sqrt(soma_desvio/m);


        //Calcula o tempo de execução
        ftime(&fim_execucao);
        tempo_execucao                =                (((fim_execucao.time-
inicio_execucao.time)*1000.0+fim_execucao.millitm)-
inicio_execucao.millitm)/1000.0;


        //Libera a matriz
        free_matriz(m, k, matriz);
        free(produtoInterno);


        //Exibe os valores resultantes
        printf("-------------------------Valores
```

```
Aferidos----------------------------\n");
          printf("Menor valor = %i (m=%i) e Maior valor = %i (m=%i)\n", menor,
menor_i, maior, maior_i);
          printf("Desvio Padrão = %f\n", desvio_padrao);
          printf("Tempo de execução = %.3f segundos\n", tempo_execucao);


printf("-------------------------------------------------------------------------\n
");

          //Recebe os valores de m e k para nova iteração
          printf("Montando a matriz da nova iteração\n\n");
          printf("Defina o número de linhas  -> m = ");
          scanf("%i", &m);
          printf("Defina o número de colunas -> k = ");
          scanf("%i", &k);
     }

     exit(0);
}
```

Prog3b.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <math.h>
#include <sys/timeb.h>

#include <sys/wait.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>

#define INF 0x33333333

struct shared{
      double *variancia;
      int   shmid,   *produtoInterno,   *produtoInterno_compartilhado,   *menor_i,
*maior_i, *menor, *maior;
      key_t key;
};

int **aloca_matriz(int m, int k) {
      //ponteiro para a matriz e variável de iteração
      int **v, i;

      //Veririfica os parâmetros
      if(m < 1 || k < 1 ){
            printf ("\n\nErro: Valores de m e k inválidos!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca a linha da matriz
      v = (int **) calloc (m, sizeof(int *));
      if(v == NULL){
            printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca as colunas
      for( i = 0; i < m; i++ ){
            v[i] = (int*) calloc (k, sizeof(int));
            if (v[i] == NULL){
                  printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
                  exit(1);
            }
      }

      //Retorna a matriz
      return (v);
}



int **free_matriz(int m, int k, int **v){
      int  i;
      if(v == NULL){
            exit(1);
      }

      //Verifica parâmetros
```

```
      if(m < 1 || k < 1){
            printf ("\n\nErro: Parâmetro invalido!\n\n");
            return (v);
      }

      //Libera as linhas da matriz
      for(i=0; i<m; i++){
            free (v[i]);
      }

      //Libera a matriz
      free (v);
      return (NULL);
}


int *aloca_vetor(int m){
      //ponteiro do vetor
      int *v;

      //Veririfica o parâmetro
      if(m < 1){
            printf ("\n\nErro: Parâmetro invalido!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca a linha da matriz
      v = (int *) calloc (m+1, sizeof(int *));
      if(v == NULL){
            printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Retorna o vetor
      return (v);
}


int max(int a, int b){
      if(a >= b){return a;}
      else{return b;}
}

int main(void){
      int i, j, m, k, somatorio, **matriz, *produtoInterno, *pids, id, status;
      double soma_desvio, desvio_padrao, tempo_execucao;
      int shmid[10];
      struct timeb inicio_execucao, fim_execucao;

      //Cria estrutura de compartilhamento de memória
      struct shared compartilhado;
      srand((unsigned)time(NULL));


      //Recebe os valores iniciais de m e k
      printf("Defina o número de linhas  -> m = ");
      scanf("%i", &m);
      printf("Defina o número de colunas -> k = ");
      scanf("%i", &k);
```

```
     while( m!= 0 && k!=0 ){
          //Inicia a contagem do tempo de execução
          ftime(&inicio_execucao);


          //Aloca a matriz Principal, vetor de Produto Interno e de PIDs
          printf("\nMontando a matriz... ");
          matriz = aloca_matriz(m, k);
          compartilhado.produtoInterno = aloca_vetor(m);
          pids = aloca_vetor(m);
          printf("Concluído!\n\n");


          //Cria o compartilhamento de memória
          for(i=0; i<6; i++){
               if(i == 0){
                    if( (shmid[i] = shmget(getpid(), max(m, k)*sizeof(int),
IPC_CREAT | SHM_W | SHM_R)) < 0 ){
                         if((shmid[i] = shmget((unsigned)time(NULL), max(m,
k)*sizeof(int), IPC_CREAT | SHM_W | SHM_R)) < 0){
                              perror("shmget 1");
                              exit(1);
                         }
                    }
               }
               else if(i > 0 && i < 5){
                    if((shmid[i] = shmget(getpid()+i, sizeof(int), IPC_CREAT |
SHM_W | SHM_R)) < 0){
                         perror("shmget 2");
                         exit(1);
                    }
               }
               else{
                    if((shmid[i]    =    shmget(getpid()+5,    sizeof(double),
IPC_CREAT | SHM_W | SHM_R)) < 0){
                         perror("shmget 3");
                         exit(1);
                    }
               }
          }
          if((compartilhado.produtoInterno_compartilhado    =    shmat(shmid[0],
NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat produtointerno");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.menor = shmat(shmid[1] , NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat menor");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.maior = shmat(shmid[2], NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat maior");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.menor_i = shmat(shmid[3], NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat menor_i");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.maior_i = shmat(shmid[4], NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat maior i");
               exit(1);
          }
```

```
        if((compartilhado.variancia = shmat(shmid[5], NULL, 0)) == (double *)
-1){
            perror("shmat variancia");
            exit(1);
        }



        //Inicializa outros valores da iteração
        *compartilhado.menor = INF;
        *compartilhado.maior = -INF;
        *compartilhado.variancia = 0;
        soma_desvio = 0;
        desvio_padrao = 0;


        //Insere na matriz
        printf("Inserindo valores na Matriz... ");
        for(i=0; i<m; i++){
            for(j=0; j<k; j++){
                //gera o número aleatório e armazena na matriz
                matriz[i][j] = (rand()%201)-100;
            }
        }
        printf("Concluído!\n\n");


        //Calcula o somatório
        printf("Calculando o Produto Interno... ");
        fflush(stdout);
        for(i=0; i<m; i++){
            somatorio = 0;
            pids[i] = fork();

            if(pids[i] == 0){
                for(j=0; j<k; j++){
                    //Realiza o produto interno
                    somatorio += matriz[i][j] * matriz[i][j];
                }

                //Armazena o PI(i) e soma para cálculo de média para o
desvio padrão
                compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i] = somatorio;
                *compartilhado.variancia                                    +=
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                exit(0);
            }else{
                wait(&status);
            }
        }
        printf("Concluído!\n\n");


        //Calcula o desvio padrão
        for(i=0; i<m; i++){
            soma_desvio                                                     +=
pow(compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]-(*compartilhado.variancia/m),
2);

            //Detecta o maior e menor Produto Interno
            if(compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]                <=
```

```
*compartilhado.menor){
                        *compartilhado.menor                                    =
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                        *compartilhado.menor_i = i+1;
                }
                if(compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]              >=
*compartilhado.maior){
                        *compartilhado.maior                                    =
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                        *compartilhado.maior_i = i+1;
                }
          }
          desvio_padrao = sqrt(soma_desvio/m);


          //Calcula o tempo de execução
          ftime(&fim_execucao);
          tempo_execucao                =                ((fim_execucao.time-
inicio_execucao.time)*1000.0+fim_execucao.millitm)-
inicio_execucao.millitm)/1000.0;


          //Libera a matriz
          free_matriz(m, k, matriz);


          //Exibe os valores resultantes
          printf("--------------------------Valores
Aferidos---------------------------\n");
          printf("Menor  valor  =  %i  (i=%i)  e  Maior  valor  =  %i  (i=%i)\n",
*compartilhado.menor,       *compartilhado.menor_i,       *compartilhado.maior,
*compartilhado.maior_i);
          printf("Desvio Padrão = %f\n", desvio_padrao);
          printf("Tempo de execução = %.3f segundos\n", tempo_execucao);


printf("-------------------------------------------------------------------------\n
");


          //Recebe os valores de m e k para nova iteração
          printf("Montando a matriz da nova iteração\n\n");
          printf("Defina o número de linhas  -> m = ");
          scanf("%i", &m);
          printf("Defina o número de colunas -> k = ");
          scanf("%i", &k);
     }

     exit(0);
}
```

Prog3c.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <math.h>
#include <sys/timeb.h>

#include <sys/wait.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>

#define INF 0x33333333

struct shared{
      double *variancia;
      int   shmid,   *produtoInterno,   *produtoInterno_compartilhado,   *menor_i,
*maior_i, *menor, *maior;
      key_t key;
};

int **aloca_matriz(int m, int k) {
      //ponteiro para a matriz e variável de iteração
      int **v, i;

      //Veririfica os parâmetros
      if(m < 1 || k < 1 ){
            printf ("\n\nErro: Valores de m e k inválidos!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca a linha da matriz
      v = (int **) calloc (m, sizeof(int *));
      if(v == NULL){
            printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
            exit(1);
      }

      //Aloca as colunas
      for( i = 0; i < m; i++ ){
            v[i] = (int*) calloc (k, sizeof(int));
            if (v[i] == NULL){
                  printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
                  exit(1);
            }
      }

      //Retorna a matriz
      return (v);
}



int **free_matriz(int m, int k, int **v){
      int  i;
      if(v == NULL){
            exit(1);
      }

      //Verifica parâmetros
```

```
	if(m < 1 || k < 1){
		printf ("\n\nErro: Parâmetro invalido!\n\n");
		return (v);
	}

	//Libera as linhas da matriz
	for(i=0; i<m; i++){
		free (v[i]);
	}

	//Libera a matriz
	free (v);
	return (NULL);
}


int *aloca_vetor(int m){
	//ponteiro do vetor
	int *v;

	//Veririfica o parâmetro
	if(m < 1){
		printf ("\n\nErro: Parâmetro invalido!\n\n");
		exit(1);
	}

	//Aloca a linha da matriz
	v = (int *) calloc (m+1, sizeof(int *));
	if(v == NULL){
		printf ("\n\nErro: Memória insuficiente!\n\n");
		exit(1);
	}

	//Retorna o vetor
	return (v);
}


int max(int a, int b){
	if(a >= b){return a;}
	else{return b;}
}
int main(void){
	int i, j, m, k, somatorio, **matriz, *produtoInterno, *pids, id, status;
	double soma_desvio, desvio_padrao, tempo_execucao;
	int shmid[10];
	struct timeb inicio_execucao, fim_execucao;

	//Cria estrutura de compartilhamento de memória
	struct shared compartilhado;
	srand((unsigned)time(NULL));


	//Recebe os valores iniciais de m e k
	printf("Defina o número de linhas  -> m = ");
	scanf("%i", &m);
	printf("Defina o número de colunas -> k = ");
	scanf("%i", &k);


	while( m!= 0 && k!=0 ){
```

```
          //Inicia a contagem do tempo de execução
          ftime(&inicio_execucao);


          //Aloca a matriz Principal, vetor de Produto Interno e de PIDs
          printf("\nMontando a matriz... ");
          matriz = aloca_matriz(m, k);
          compartilhado.produtoInterno = aloca_vetor(m);
          pids = aloca_vetor(m);
          printf("Concluído!\n\n");


          //Cria o compartilhamento de memória
          for(i=0; i<6; i++){
               if(i == 0){
                    if( (shmid[i] = shmget(getpid(), max(m, k)*sizeof(int),
IPC_CREAT | SHM_W | SHM_R)) < 0 ){
                         if((shmid[i] = shmget((unsigned)time(NULL), max(m,
k)*sizeof(int), IPC_CREAT | SHM_W | SHM_R)) < 0){
                              perror("shmget 1");
                              exit(1);
                         }
                    }
               }
               else if(i > 0 && i < 5){
                    if((shmid[i] = shmget(getpid()+i, sizeof(int), IPC_CREAT |
SHM_W | SHM_R)) < 0){
                         perror("shmget 2");
                         exit(1);
                    }
               }
               else{
                    if((shmid[i]    =    shmget(getpid()+5,    sizeof(double),
IPC_CREAT | SHM_W | SHM_R)) < 0){
                         perror("shmget 3");
                         exit(1);
                    }
               }
          }
          if((compartilhado.produtoInterno_compartilhado    =    shmat(shmid[0],
NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat produtointerno");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.menor = shmat(shmid[1] , NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat menor");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.maior = shmat(shmid[2], NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat maior");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.menor_i = shmat(shmid[3], NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat menor_i");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.maior_i = shmat(shmid[4], NULL, 0)) == (int *) -1){
               perror("shmat maior i");
               exit(1);
          }
          if((compartilhado.variancia = shmat(shmid[5], NULL, 0)) == (double *)
```

```
-1){
                perror("shmat variancia");
                exit(1);
          }



          //Inicializa outros valores da iteração
          *compartilhado.menor = INF;
          *compartilhado.maior = -INF;
          *compartilhado.variancia = 0;
          soma_desvio = 0;
          desvio_padrao = 0;


          //Insere na matriz
          printf("Inserindo valores na Matriz... ");
          for(i=0; i<m; i++){
                for(j=0; j<k; j++){
                      //gera o número aleatório e armazena na matriz
                      matriz[i][j] = (rand()%201)-100;
                }
          }
          printf("Concluído!\n\n");


          //Calcula o somatório
          printf("Calculando o Produto Interno... ");
          fflush(stdout);

          id = fork();
          if( id == 0){
                for(i=0; i<ceil(m/2); i++){
                      somatorio = 0;

                      if(id == 0){
                            for(j=0; j<k; j++){
                                  //Realiza o produto interno
                                  somatorio += matriz[i][j] * matriz[i][j];
                            }

                            //Armazena o PI(i) e soma para cálculo de média para
o desvio padrão
                            compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]       =
somatorio;
                            *compartilhado.variancia                            +=
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                            exit(0);
                      }
                }
          }else{
                for(i=ceil(m/2); i<m; i++){
                      somatorio = 0;

                      if(id == 0){
                            for(j=0; j<k; j++){
                                  //Realiza o produto interno
                                  somatorio += matriz[i][j] * matriz[i][j];
                            }

                            //Armazena o PI(i) e soma para cálculo de média para
```

```
o desvio padrão
                              compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]       =
somatorio;
                              *compartilhado.variancia                            +=
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                        }
                  }
                  wait(&status);
            }
            printf("Concluído!\n\n");


            //Calcula o desvio padrão
            for(i=0; i<m; i++){
                  soma_desvio                                                       +=
pow(compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]-(*compartilhado.variancia/m),
2);

                  //Detecta o maior e menor
                  if(compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]              <=
*compartilhado.menor){
                        *compartilhado.menor                                         =
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                        *compartilhado.menor_i = i+1;
                  }
                  if(compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i]              >=
*compartilhado.maior){
                        *compartilhado.maior                                         =
compartilhado.produtoInterno_compartilhado[i];
                        *compartilhado.maior_i = i+1;
                  }
            }
            desvio_padrao = sqrt(soma_desvio/m);


            //Calcula o tempo de execução
            ftime(&fim_execucao);
            tempo_execucao                =                (((fim_execucao.time-
inicio_execucao.time)*1000.0+fim_execucao.millitm)-
inicio_execucao.millitm)/1000.0;


            //Libera a matriz
            free_matriz(m, k, matriz);


            //Exibe os valores resultantes
            printf("--------------------------Valores
Aferidos---------------------------\n");
            printf("Menor valor = %i (i=%i) e Maior valor = %i (i=%i)\n",
*compartilhado.menor,       *compartilhado.menor_i,       *compartilhado.maior,
*compartilhado.maior_i);
            printf("Desvio Padrão = %f\n", desvio_padrao);
            printf("Tempo de execução = %.3f segundos\n", tempo_execucao);


printf("-----------------------------------------------------------------------\n
");


            //Recebe os valores de m e k para nova iteração
```

```
            printf("Montando a matriz da nova iteração\n\n");
            printf("Defina o número de linhas  -> m = ");
            scanf("%i", &m);
            printf("Defina o número de colunas -> k = ");
            scanf("%i", &k);
      }

      exit(0);
}
```

Método de execução

Os programas citados no estudo devem ser compilados e executados em um ambiente UNIX compatível através dos seguintes comandos:

1) Prog 1
gcc -o Prog1 Prog1.c **-lrt**
./Prog1

2) Prog 2
gcc -o Prog2 Prog2.c
./Prog2

3) Prog 3 - versão 1
gcc -o Prog3a Prog3a.c **-lm**
./Prog3a

3) Prog 3 - versão 2
gcc -o Prog3b Prog3b.c **-lm**
./Prog3b

3) Prog 3 - versão 3
gcc -o Prog3c Prog3c.c **-lm**
./Prog3c