UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ

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

ESTUDO SOBRE THREADS

Disciplina: Sistemas Operacionais
Professor: Thomé

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

Sumário

Estudo de Comandos

pthread_create()

A função *pthread_create()* é uma função que possibilita a criação de uma nova *thread* a partir de parâmetros configurados na inicialização das estruturas *pthread_attr_t* e *pthread_t* utilizando a implementação POSIX *thread* presente no cabeçalho *pthread.h*.

Cada *thread* criada na linguagem C executa uma função definida no código. As variáveis locais são acessíveis por *thread.* No caso dos recursos compartilhados, todas as threads tem acesso. Ao contrário da criação de um subprocesso, onde o subprocesso executa todo o código do processo pai a partir do momento em que foi criado (através do comando fork()), a *thread* executa somente o código definido pela função especificada na sua criação.

Para a execução da função *pthread_create* é necessário a passagem dos argumentos:

- Variável do tipo *pthread_t, que identifica a thread*
- Variável do tipo *pthread_attr_t , que identifica os atributos da thread*
- (essa variável tem o valor *NULL* se não há execução de *pthread_attr_init(), que inicializa os atributos da thread*)
- Função a ser executada pela *thread*
- Ponteiro para a variável passada como argumento para a função

A função *pthread_create()* retorna o valor 0 (zero) se a *thread* foi criada com sucesso. Caso contrário, retorna o número do erro associado a falha da criação da *thread*.

A seguir um exemplo de uso da função pthread_create():

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

//Inclui o cabeçalho para a criação da thread
#include <pthread.h>

int print(void *arg){
   printf("%s", arg);
}

int main(void){
   //Cria os valores da thread
   pthread_t thread;
   int retorno;

   //Define o argumento a ser passado
   char string[256] = "Mensagem exibida pela Thread criada!";

   //Cria de fato a thread
   retorno = pthread_create(&thread, NULL, print, (void*) &string);

   //Verifica se houve um erro ao criar a thread
   if(retorno != 0){
      printf("Erro número %i ao criar a thread", retorno);
      exit(1);
   }

   exit(0);
}
```

pthread_join()

Ao executar a função *pthread_join()*, uma *thread* fica suspensa enquanto outra *thread*, passada como parâmetro não é terminada ou cancelada. Ou seja, a *thread* "pai" fica aguardando o término ou o cancelamento da *thread* "filha". Análogo aos conceitos de subprocessos, a função *pthread_join()* tem a mesma funcionalidade que o *wait(). Dessa forma, o pthread_join* é responsável pela sincronização entre as *threads, para os casos em que a continuação da execução de uma thread "pai" depende do término da execução de uma thread "filha".*

Argumentos necessários:

- *pthread_t* utilizado na função *pthread_create()*.
- *thread_return,* que é o valor de retorno da t*hread, u*sualmente *NULL*.

A seguir um exemplo da execução de *pthread_join()*:

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

//Inclui o cabeçalho para a criação da thread
#include <pthread.h>

int print(void *arg){
   printf("%s", arg);
}

int main(void){
   //Cria os valores da thread
   pthread_t thread;
   int retorno;

   //Define o argumento a ser passado
   char string[256] = "Mensagem exibida pela Thread criada!";

   //Cria de fato a thread
   retorno = pthread_create(&thread, NULL, print, (void*) &string);

   //Verifica se houve um erro ao criar a thread
   if(retorno != 0){
      printf("Erro número %i ao criar a thread", retorno);
      exit(1);
   }

   //Aguarda o retorno da thread criada
   pthread_join(&thread, NULL);

   exit(0);
}
```

pthread_exit()

A função *pthread_exit()* termina a execução da *thread* corrente. Caso a *thread* "pai" tenha executado o comando *pthread_join()* para esta *thread* "filho" em questão, *pthread_exit()* pode retornar um valor que será disponível à *thread* "pai". Como padrão, retorna-se o valor *NULL*.

O valores das variáveis locais são liberados na chamada de *pthread_exit()*. Já recursos compartilhados continuam disponíveis no sistema mesmo que a sua *thread* foi terminada.

A seguir o exemplo do comnado *pthread_exit()*:

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

//Inclui o cabeçalho para a criação da thread
#include <pthread.h>

int print(void *arg){
   printf("%s", arg);
   pthread_exit(NULL);
}

int main(void){
   //Cria os valores da thread
   pthread_t thread;
   int retorno;

   //Define o argumento a ser passado
   char string[256] = "Mensagem exibida pela Thread criada!";

   //Cria de fato a thread
   retorno = pthread_create(&thread, NULL, print, (void*) &string);

   //Verifica se houve um erro ao criar a thread
   if(retorno != 0){
      printf("Erro número %i ao criar a thread", retorno);
      exit(1);
   }

   //Aguarda o retorno da thread criada
   pthread_join(&thread, NULL);

   exit(0);
}
```

pthread_attr_init()

Inicializa atributos padrões para uma *thread* que será criada. Esta função é importante para a que se possa configurar os atributos de execução da *thread* de forma flexível.

pthread_attr_init() recebe como parâmetro um endereço de memória para uma variável do tipo *pthread_attr_t (*que identifica a *thread)*. É possível iniciar uma nova *thread* com *pthread_create* sem inicializar atributos para a mesma. Nesse caso, o SO configura valores padrões para a nova *thread*. A seguir uma tabela que informa os valores padrões do SO para a criação de uma *thread*. Também pode-se destruir os atributos de uma thread através da funçao *pthread_attr_destroy()*.

Atributo	Padrão
Detach state	PTHREAD_CREATE_JOINABLE
Scope	PTHREAD_SCOPE_PROCESS
Inherit scheduler	PTHREAD_INHERIT_SCHED
Scheduling policy	SHCED_OHTER
Scheduling order	0
Guard size	4096 bytes
Stack address	#Address
Stak size	#Address size in bytes

No exemplo a seguir, como não há modificação dos atributos, a execução de *pthread_create()* somente com o atributo inicializado como parâmetro é a mesma que execução com o argumento *NULL* como parâmetro.

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

//Inclui o cabeçalho para a criação da thread
#include <pthread.h>

int print(void *arg){
   printf("Mensagem exibida pela Thread criada!");
   pthread_exit(NULL);
}

int main(void){
   //Cria os valores da thread
   pthread_t thread;
   pthread_attr_t atributosThread;
   int retorno;

   //Inicializa os atributos da thread
   pthread_attr_init(&atributosThread);

   //Cria de fato a thread
   retorno = pthread_create(&thread, &atributosThreads, print, NULL);

   //Verifica se houve um erro ao criar a thread
   if(retorno != 0){
      printf("Erro número %i ao criar a thread", retorno);
      exit(1);
   }

   //Aguarda o retorno da thread criada
   pthread_join(&thread, NULL);

   exit(0);
}
```

pthread_attr_setscope()

Configura o atributo *SCOPE* da *thread* a ser iniciada. Desta forma configura o nível de execução da nova *thread*, se será no nível *kernel* ou no nível usuário. A *pthread_attr_setscope()* faz parte da família de funções *pthread_attr_set*()* que configura os parâmetros da *thread* a ser criada. Em casos de sucesso, a *pthread_attr_setscope* retorna zero, caso contrário retorna o número correspondente ao erro. Ela recebe os seguintes itens como parâmetro.

- Endereço de memória para a variável do tipo *thread_attr_t*
- Constante do SO que define o nível de execução da nova *thread* :
  - PTHREAD_SCOPE_PROCESS – para execução em nível usuário, padrão do SO.
  - PTHREAD_SCOPE_SYSTEM – para execução em nível *kernel*.

Configuração do atributo *SCOPE* através de pthread_attr_setscope*()* para a criação de uma *thread* de nível *kernel*:

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

//Inclui o cabeçalho para a criação da thread
#include <pthread.h>

int print(void *arg){
   printf("%s", arg);
   pthread_exit(NULL);
}

int main(void){
   //Cria os valores da thread
   pthread_t thread;
   pthread_attr_t atributosThread;
   int retorno;

   //Define o argumento a ser passado
   char string[256] = "Mensagem exibida pela Thread criada!";

   //Inicializa os atributos da thread
   pthread_attr_init(&atributosThread);

   //Configura a thread como thread do nível kernel
   pthread_attr_setscope&atributosThread, PTHREAD_SCOPE_SYSTEM);

   //Cria de fato a thread
   retorno = pthread_create(&thread, &atributosThreads, print, (void*) &string);

   //Verifica se houve um erro ao criar a thread
   if(retorno != 0){
      printf("Erro número %i ao criar a thread", retorno);
      exit(1);
   }

   //Aguarda o retorno da thread criada
   pthread_join(&thread, NULL);

   exit(0);
}
```

Prog1

Funcionamento

O Prog1 utiliza a criação de *threads* para o cálculo do Produto Interno descrito na especificação do trabalho utilizando os comandos *pthread_create(), pthread_join(), pthread_exit()* associados ao uso de:

- Criação de novas *threads* (através de *POSIX*).
- Manipulação de sequência de execução inter-*threads* (através do *pthread_join()*).
- Término e retorno de *threads*.

Configuração da máquina utilizada no desenvolvimento e testes

Foram realizados dois testes nas máquinas do LCI-UFRJ. De acordo com a especificação do trabalho, o primeiro teste utilizou apenas um dos núcleos do processador e o segundo teste utilizou os dois núcleos disponíveis.

Configuração da máquina onde o teste foi realizado:

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

Comparação de desempenho entre as versões

Utilizando-se a máquina descrita anteriormente, foi avaliada a performance dos seguintes programas que calculam o produto interno de uma matriz**:** Prog1.c (versão utilizando *threads*) e Prog3c.c (versão utilizando subprocessos – a escolha desta versão foi devido ao seu melhor desempenho dentre as versões apresentadas no trabalho 1).

A escolha dos parâmetros de entrada para os testes ocorreu de forma a garantir uma comparação válida, considerando a natureza de cada programa.

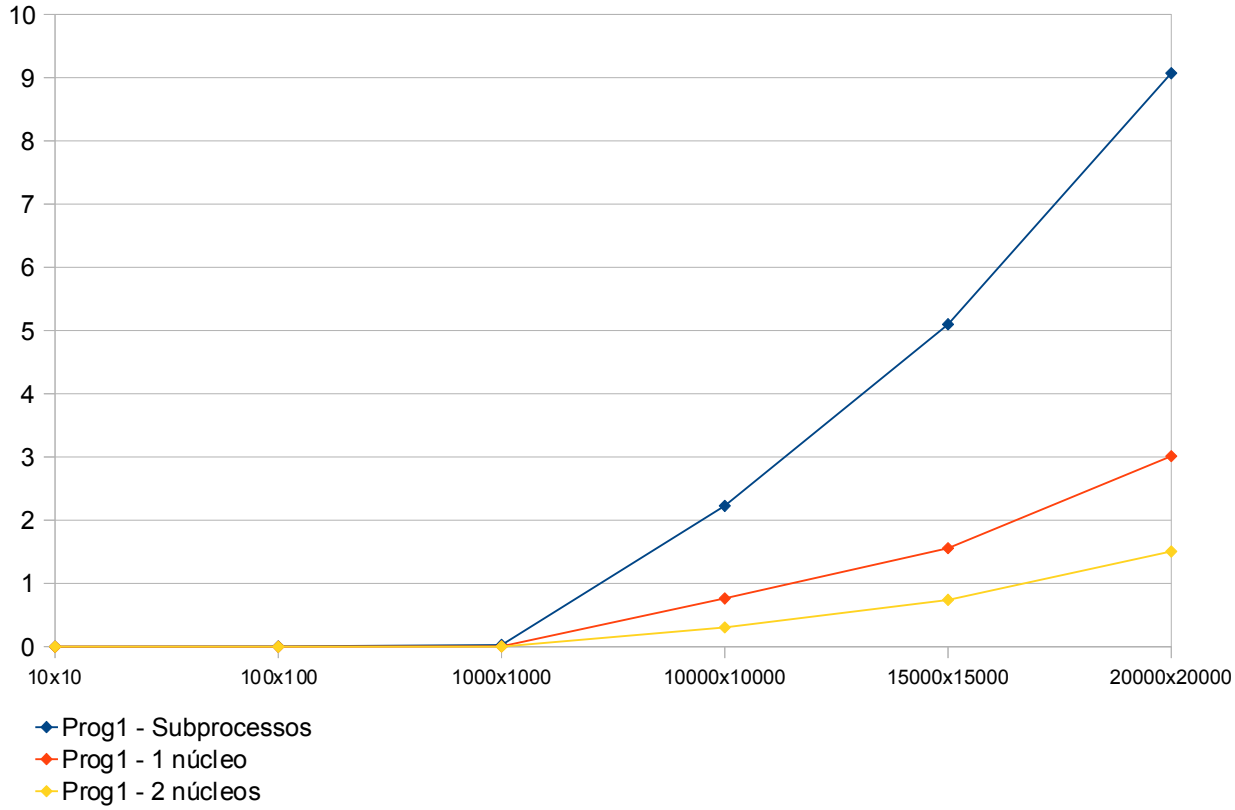
Os resultados obtidos através da execução das versões dos programas estão listados na tabela abaixo:

Dimensão da Matriz *m* x *k*	**Versão 1** Subprocessos Tempo (segundos)	**Versão 2** 1 núcleo habilitado Tempo (segundos)	**Versão 3** 2 núcleos habilitados Tempo (segundos)
10 X 10	0,000	0,000	0,000
50 X 50	0,004	0,000	0,000
100 X 100	0,004	0,000	0,000
500 X 500	0,009	0,002	0,001
1000 X 1000	0,028	0,006	0,003
5000 X 5000	0,574	0,181	0,079
10000 X 10000	2,227	0,763	0,304
15000 X 15000	5,099	1,557	0,741
20000 X 20000	9,068	3,012	1,506

Para todas as versões, os testes realizados para entradas com valores de *m* e *k* menores que 1000, a diferença de performance entre os programas mostrou-se irrelevante.

Análise dos resultados e conclusões

Baseado nos dados apresentados na tabela anterior, foi gerado o gráfico abaixo para facilitar a análise comparativa do desempenho dos programas, diante da variação dos valores de *m* e *k*.



A partir da análise gráfica, conclui-se que o uso de *threads* é mais eficiente que o uso de subprocessos em máquinas com apenas um núcleo e ainda mais eficiente em máquinas com dois núcleos.

Na comparação entre as versões do programa que utilizam *threads*, observa-se que quando se tem um processador com dois núcleos, as duas *threads* podem entrar em execução paralelamente. Dessa forma, em teoria, o tempo de execução do programa é reduzido em aproximadamente metade do tempo de quando ele é rodado em uma máquina com processador de um núcleo.

Associado a este fato, é importante considerar que a criação de *threads* é menos onerosa que a criação de subprocessos. Visto que que a estrutura do PCB (Process Control Block) não é copiada a cada nova criação de *threads*, ela gera menos *overhead* os subprocessos.

Prog2

Especificações gerais

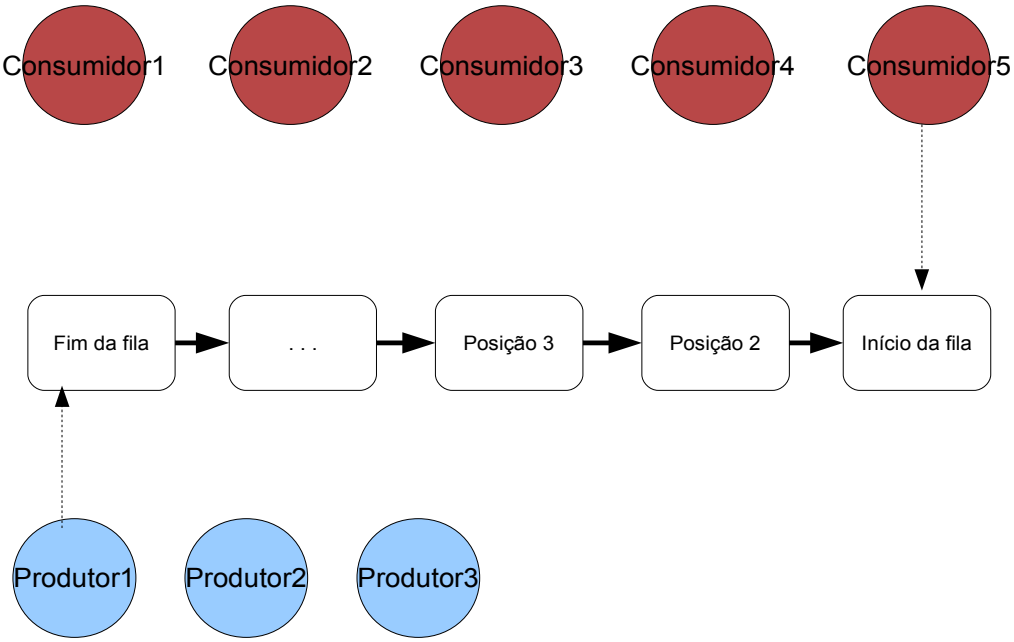
O Prog2 foi criado para ser uma simulação de um problema conhecido na literatura como Sistema Produtor/Consumidor. Neste problema temos *m* entidades chamadas de Produtor e *n* entidades chamadas de Consumidor. Também temos no sistema uma terceira entidade chamada de Recurso ou Produto. Nesse sistema, cada Produtor é responsável por produzir de forma independente das demais entidades, uma unidade do Recurso em tempo constante e finito. Da mesma forma, um Consumidor deve consumir uma unidade do Recurso também em tempo constante e finito.

A dinâmica deste sistema se dá pela forma em que os Produtores se organizam para produzir; como os Recursos são armazenados e disponibilizados aos Consumidores; e como estes se dispõem para consumir os Recursos.

Dadas as especificações do trabalho temos a seguinte dinâmica a ser implementada:

- 3 Produtores e 5 Consumidores.
- Produção de 1000 Recursos no total.
- Recursos dispostos em um fila (*buffer*) com 50 posições.
- Produtores inserem no final da fila.
- Consumidores consomem no início da fila.
- Ambiente assíncrono.

Para ilustrar em formas gerais como essa dinâmica se, dá podemos esboçar a seguinte figura:

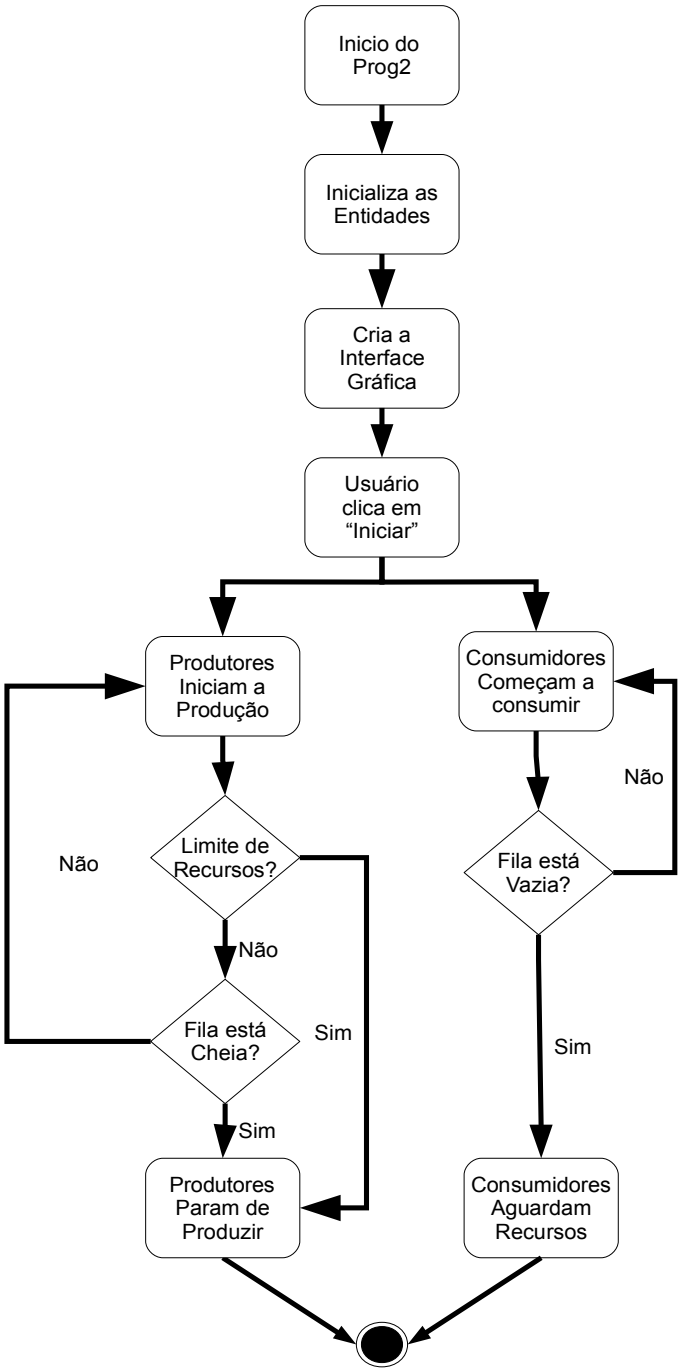


A especificação do Prog2 também requeria que a simulação contasse com uma interface gráfica que exibisse os valores relacionados a implementação. Desta forma, diferente dos demais programas, foi escolhida a linguagem ***Java*** por possuir uma fácil implementação de Interface Gráfica além de compatibilidade entre os diversos SO.

Versão A

Estrutura e Análise

A versão A do Prog2 determina a execução da simulação através do fluxo de execução abaixo. Porém, é importante ressaltar que, dado um ambiente assíncrono, este fluxo tem como objetivo apenas exemplificar uma execução.



Quando as atividades do sistema Produtor/Consumidor são iniciadas pelo usuário, os produtores e consumidores disputam fatias de tempo no processador. De acordo com a especificação do trabalho, os Produtores tem a mesma prioridade de acesso ao processador do que os Consumidores. Nesta versão, os consumidores não disputam os recursos entre si, apenas seguem a fila circular.

Versão B

Estrutura e Análise

A versão B do Prog2 pode ser ilustrada através do mesmo fluxo de execução da versão A, já que este não representa a ordem de acesso dos Consumidores à fila de recursos.

Entretanto, nesta versão, como os Consumidores disputam os Recursos entre si, o que pode ocorrer uma variação considerável do número de Recursos consumidos por cada Consumidor. Os Produtores também devem ter prioridade maior que os Consumidores no acesso a Região Crítica, acarretando em alguns períodos onde são produzidos diversos Recursos sem que os Consumidores tem acesso aos mesmos.

Interface e Operação

Esta interface exibe o status do processamento de cada um dos Produtores e Consumidores. Além disso, durante a execução do programa, é exibido um registro em forma de *log* que informa todas as ações do simulador, assim como dos recursos a cada produção ou consumo dos mesmos. Dessa forma:

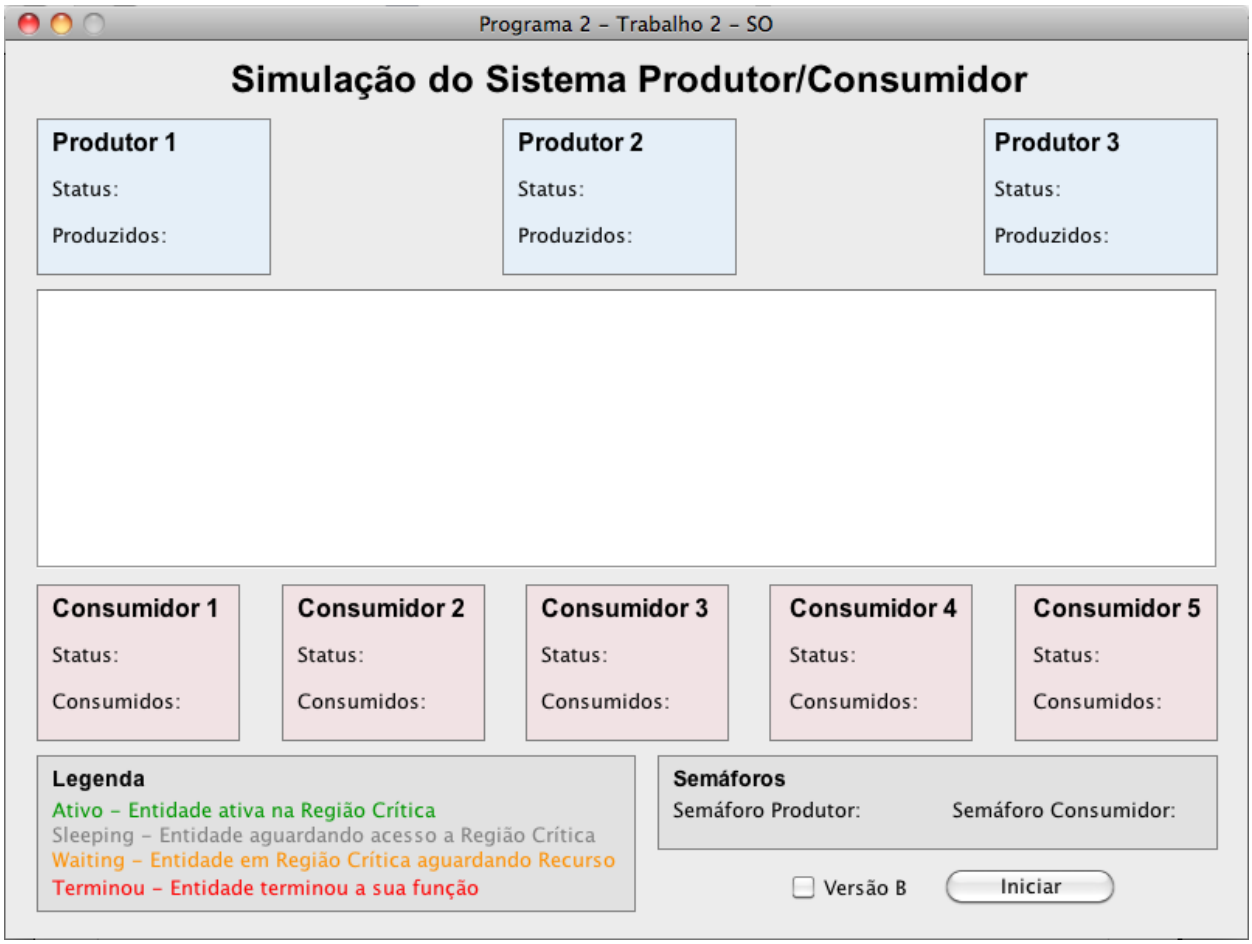
- Quando o produtor produz um recurso, é inserida um registro indicando:
  - Número de identificação do Recurso produzido. Afim de simplificação, cada novo Recurso tem o seu identificador igual a sua posição de produção.
  - Total de recursos já produzidos até o momento.
  - Total de recursos disponíveis para consumo.

- Quando o Consumidor consome um Recurso, é inserido um novo registro indicando:
  - O número de identificação do Recurso consumido.
  - Total de recursos ainda disponíveis para consumo.

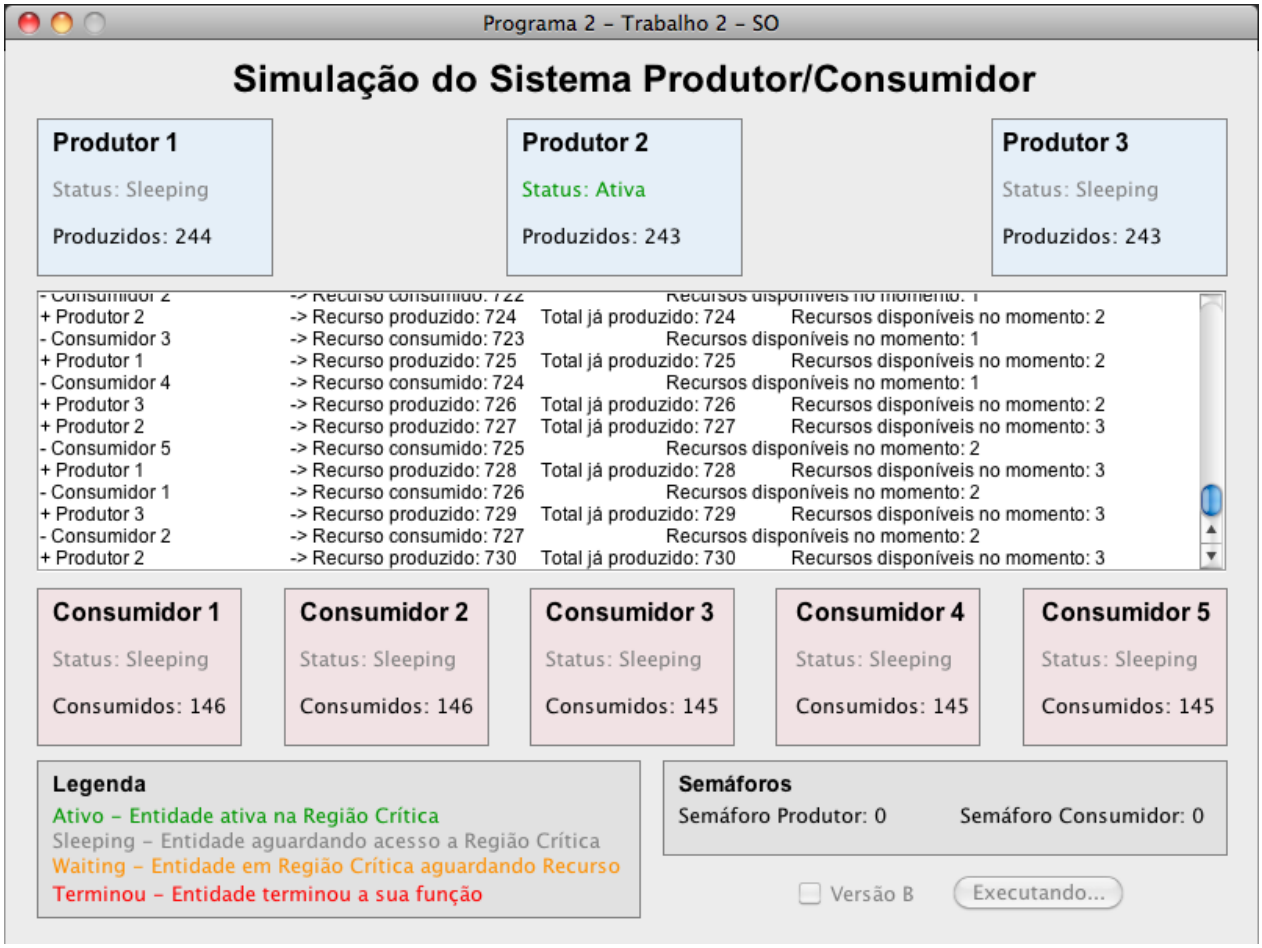
Também é exibido um painel informativo contendo valores dos Semáforos utilizados para controlar o acesso a Região Crítica do sistema. Nesse caso, temos um Semáforo utilizado pelos Consumidores e outro pelos Produtores. Os valores podem ser 0 ou 1 para os Produtores e, dependendo da versão selecionada, 0 ou 1 ou, valores inteiros entre 0 e 5 para o Consumidores.

É possível selecionar entre os dois tipos de dinâmicas, de acordo com a proposta da alteração da especificação no item b através de um *checkbox* denominado “Versão B”. Não selecionado o *checkbox,* a dinâmica é a descrita no item a. Selecionando o *checkbox* a dinâmica é a descrita pelo item b. Durante a execução, não é possível alternar entre as dinâmicas.

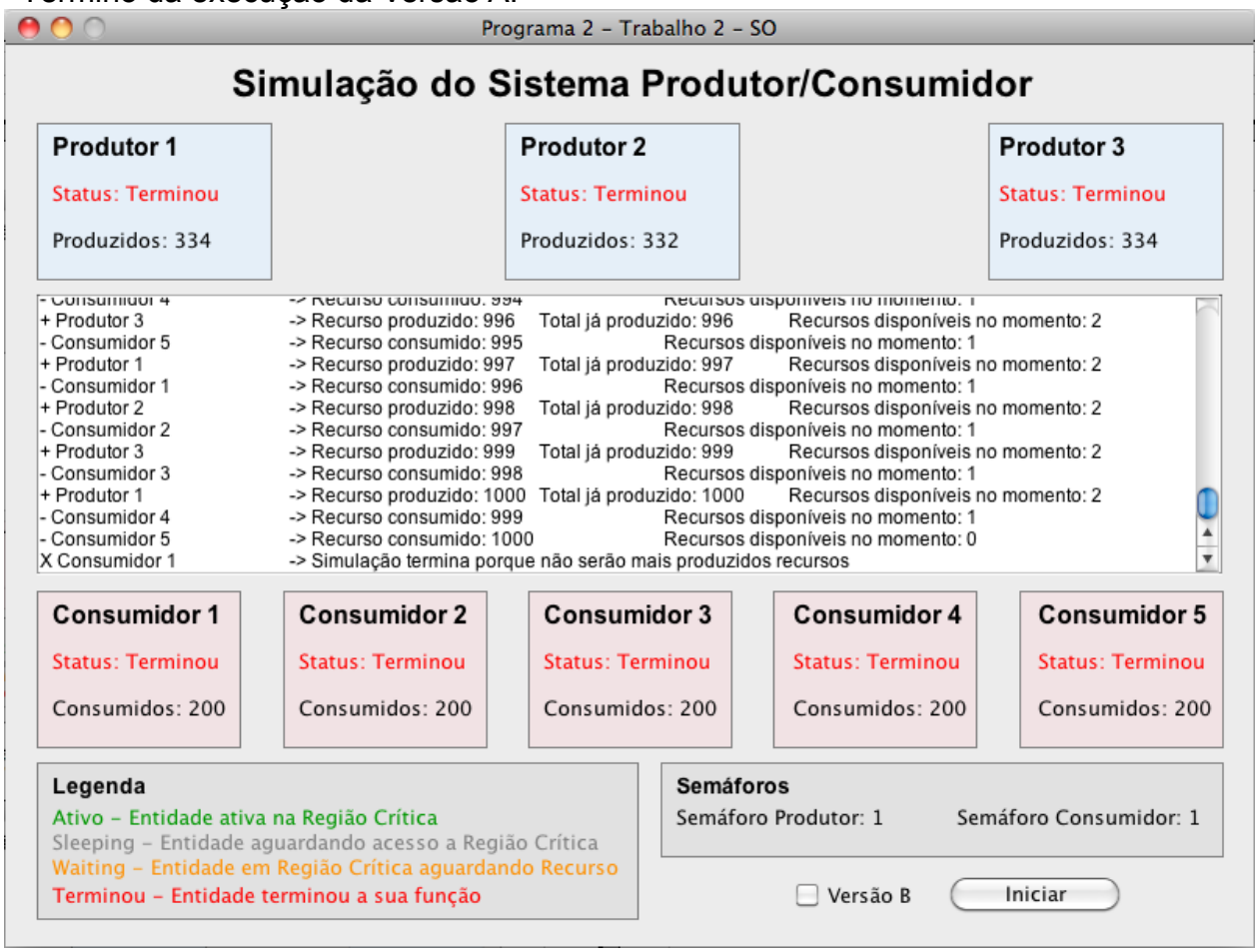
A seguir temos um quadro que mostra os itens descritos, assim como a sua disposição na interface. É importante lembrar que pequenas variações de layout podem decorrer em diferentes SOs.



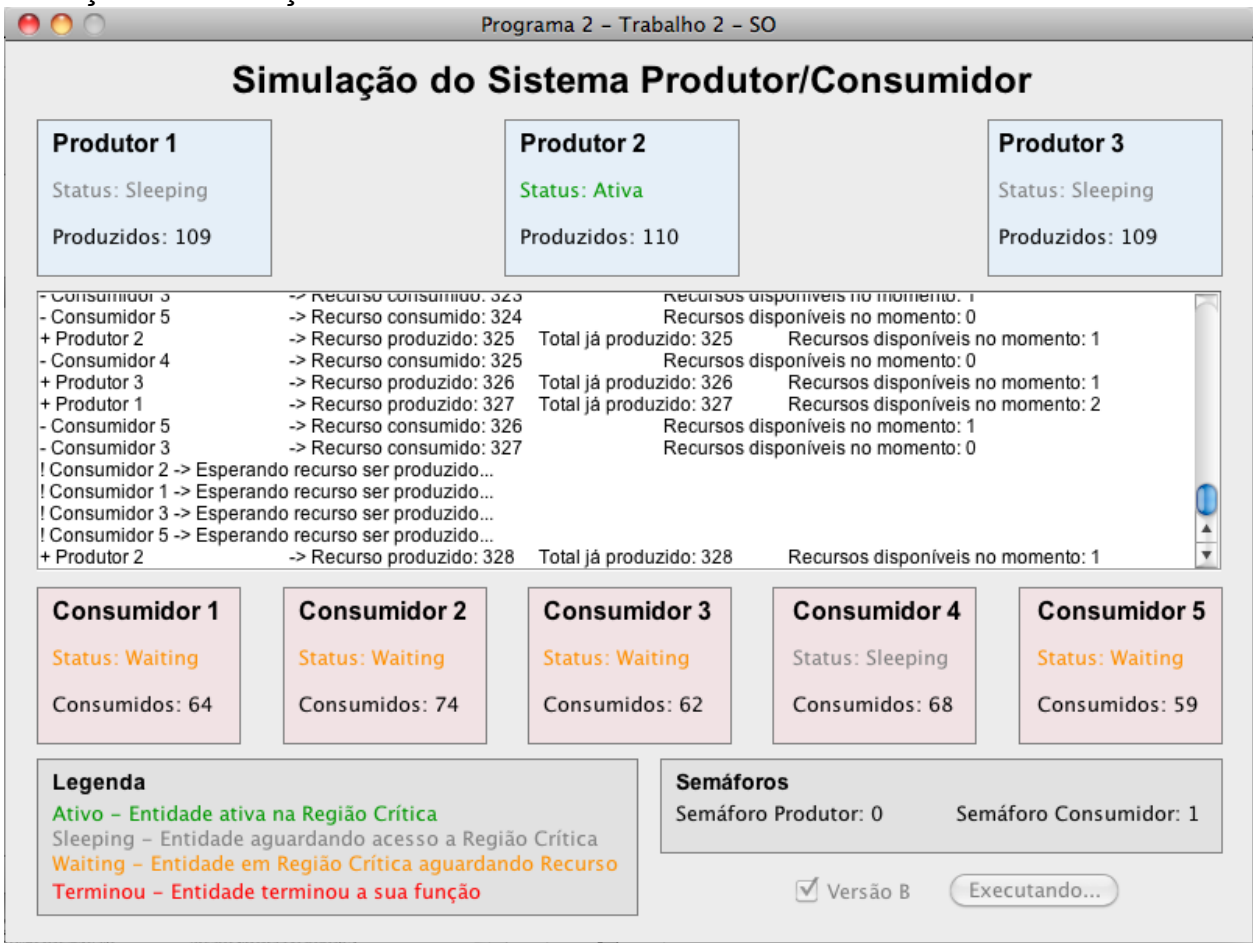
Mostramos a seguir imagens de iterações e seus resultados.
Iteração em execução da Versão A:



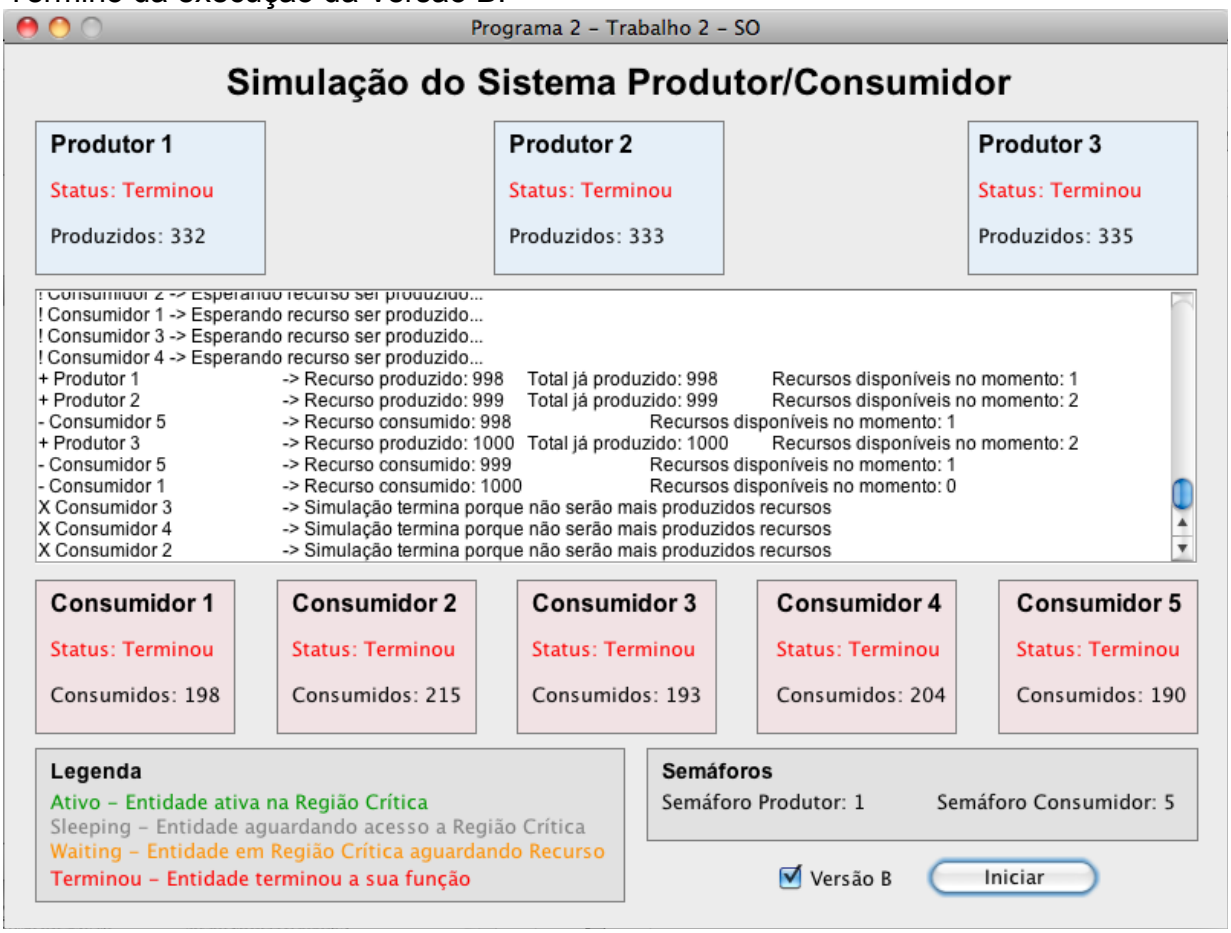
Término da execução da Versão A:



Iteração em execução da Versão B:



Término da execução da Versão B:



Bibliografia

Referências bibliográficas utilizadas no estudo:

- Operating Systems: Internals and Design Principles (5th Edition) ISBN-13: 978-0131479548

- Linux Man
  - http://linux.die.net/man/3/pthread_create
  - http://linux.die.net/man/3/pthread_join
  - http://linux.die.net/man/3/pthread_exit
  - http://linux.die.net/man/3/pthread_attr_init
  - http://linux.die.net/man/3/pthread_attr_setscope

Apêndice

A seguir disponibilizamos o código fonte do Prog1 utilizado no estudo.

Prog1.c

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

#include <pthread.h>

#define INF 0x33333333
#define THREADS 2

int **matriz, *produtoInterno;
int i, j, k, m, menor, maior, menor_i, maior_i, menor_matriz, maior_matriz, menor_matriz_i, maior_matriz_i,
menor_matriz_j, maior_matriz_j;
int parte[THREADS], returnThread[THREADS];
double soma, soma_desvio, desvio_padrao, tempo_execucao;
struct timeb inicio_execucao, fim_execucao;
time_t time(time_t *t);
pthread_t thread[THREADS];
pthread_attr_t atributosThread;

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);
}
```

```
void *calculaProdutoInterno(void *arg){
        int i, j, *pos, inicio, fim, somatorio;

        pos = (int *) arg;
        inicio = (*pos - 1)*floor(m/THREADS);
        fim = inicio + floor(m/THREADS) ;

        //Detecta se a thread é a última. Nesse caso precisa calcular também o resto da divisão
        if( m-fim < THREADS ){
          fim = m;
        }

        //Calcula o somatório
        for(i=inicio; i<fim; 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("Thread %i terminou de calcular as linhas entre %i e %i\n", *pos, inicio+1, fim);

        //Termina a thread
        pthread_exit(NULL);
}


int main(void){

        //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);

        //Inicia o parâmetro da contagem de tempo
        srand((unsigned)time(NULL));

        //Configura os atributos da Thread
        pthread_attr_init(&atributosThread);
        pthread_attr_setdetachstate(&atributosThread, PTHREAD_CREATE_JOINABLE);
        //No caso, tipo Kernel
        pthread_attr_setscope(&atributosThread, PTHREAD_SCOPE_SYSTEM);
```

```
while( m!= 0 && k!=0 ){
  //Inicializa outros valores da iteração
  menor = INF;
  maior = -INF;
  menor_matriz = INF;
  maior_matriz = -INF;
  menor_i = 0;
  maior_i = 0;
  menor_matriz_i = 0;
  maior_matriz_i = 0;
  menor_matriz_j = 0;
  maior_matriz_j = 0;
  soma = 0;
  soma_desvio = 0;
  desvio_padrao = 0;

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

  //Gera a matriz
  printf("Inserindo valores na Matriz...\n");
  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;

                  //Detecta o maior e menor na matriz
                  if(matriz[i][j] <= menor_matriz){
                          menor_matriz = matriz[i][j];
                          menor_matriz_i = i+1;
                          menor_matriz_j = j+1;
                  }
                  if(matriz[i][j] >= maior_matriz){
                          maior_matriz = matriz[i][j];
                          maior_matriz_i = i+1;
                          maior_matriz_j = j+1;
                  }
          }
  }
  printf("Concluído!\n\n");

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

  printf("Calculando a Produto Interno...\n");

  //Loop que cria as threads
  for(i=0; i<THREADS; i++){
```

```
                //Determina o posicionamento da Thread na matriz
                parte[i] = i+1;

                //Inicializa as threads passando o parâmetro da sua posição
                returnThread[i] = pthread_create(&(thread[i]), &atributosThread, calculaProdutoInterno,
(void*) &(parte[i]));

                //Verifica se houve um erro ao criar a Thread
                if(returnThread[i] > 0){
                        printf("Não foi possível criar a Thread para o segmento i=%i", i);
                        exit(1);
                }

        }

        //Aguarda o término das threads
        for(i=0; i<THREADS; i++){
                pthread_join(thread[i], NULL);
        }
        printf("\nConcluído!\n\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);

        //Termina a contagem do tempo de execução
        ftime(&fim_execucao);

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


        //Libera as linhas da matriz
        free_matriz(m, k, matriz);
        free(produtoInterno);
```

```
        //Exibe os valores resultantes
        printf("--------------------------------------Valores Aferidos--------------------------------------\n");
        printf("Menor valor na matriz = %i (i=%i, j=%i) e Maior valor na matriz = %i (i=%i, j=%i)\n",
menor_matriz, menor_matriz_i, menor_matriz_j, maior_matriz, maior_matriz_i, maior_matriz_j);
        printf("Menor valor Produto Interno = %i (m=%i) e Maior valor Produto Interno = %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\n");

        //Recebe os valores de m e k para nova iteração
        printf("Nova iteração\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

O Prog1 deve ser compilado e executado em um ambiente UNIX compatível através dos seguintes comandos:

A) Prog 1 - Este programa utiliza threads
gcc -o Prog1 Prog1.c -pthread -lm
./Prog1

B) Prog 1 - Este programa utiliza subprocessos
gcc -o Prog3c Prog3c.c -lm
./Prog3c

O Prog2 deve ser compilado e executado em qualquer ambiente que possua uma máquina virtual Java 1.6 ou superior.

Iniciar a IDE Eclipse
(No Linux LCI através de: eclipse-3.5 /opt/sun-jdk-1.6.0.26/bin/java)
  -Criar um Novo Projeto
  -Importar os arquivos do diretório ./Prog2

java -jar ./Prog2.jar