Projeto Final – Introdução à Programação Paralela e Distribuída

15th Marathon of Parallel Programming: Problem E – "Yet More Primes"

> Amanda Oliveira Bianca Santos Pastos Fauzi Asbahr Matheus Eiji Faria Komatsu

1 – Problema escolhido

Ao buscar uma aplicação para ser paralelizada, encontramos dentre os inúmeros problemas presentes na Maratona de Programação Paralela da 20ª Edição o problema E – "Yet More Primes", no qual fornecemos um número P (entre 1 e 10.000) de números primos seguido de 2P linhas de números quaisquer que serão combinados entre si para formar números primos. O resultado é uma lista de P números primos em ordem crescente.

| Input | Output |
|-------|-----------|
| | |
| 4 | 1000213 |
| 50415 | 5041501 |
| 100 | 5575001 |
| 5041 | 504155039 |
| 55750 | 504155713 |
| 5039 | |
| 01 | |
| 0213 | |
| 55713 | |
| | |

Figura 1: exemplo com 4 números primos

O algoritmo é simples: após receber a lista dos números a serem combinados, ele a percorre separando os números em duas variáveis, "firstHalf" e "secondHalf", e concatenando-as em uma única variável, a qual é recebida pela função *isprime*, que verificará se o número gerado pelas duas metades é ou não primo. Ao terminar de percorrer a lista, ele realiza a função *quicksort* para ordenar os resultados em ordem crescente.

```
for (i = 0; i < numPrimes; i++)
  for (j = 0; j < numPrimes; j++)
  {
    strcpy(strToTest, firstHalf[i]);
    strcat(strToTest, secondHalf[j]);
    primeToTest = atol(strToTest);
    if (isprime(primeToTest))
    {
       result[numResults++] = primeToTest;
    }
  }
  quicksort(result, 0, numResults - 1);
  for (i = 0; i < numResults; i++)
    printf("%ld\n", result[i]);</pre>
```

Figura 2: trecho do código não paralelizado

2 – Paralelização do problema

De início foi evidente que o segredo para paralelizar o dado problema estava no loop responsável por percorrer a lista de números a serem concatenados para formar o possível primo. Essa tarefa poderia ser dividida em threads para agilizar a geração de possíveis primos tal que, após cada thread realizar a função *isprime* com os números que ela possui acesso, os resultados obtidos são agregados em uma única lista para posterior ordenação com *quicksort*. Nossa paralelização foi feita utilizando a api OpenMP devido ao costume e facilidade de implementação comparado ao Pthreads.

Utilizamos o pragma **omp parallel private** para declarar que certas variáveis dentro do bloco paralelizado terão escopo privado, ou seja, seus valores não serão compartilhados entre as threads, garantindo o comportamento esperado na leitura da lista de números. caso contrário, os valores de "localResults" seriam utilizadas por mais de uma thread ao mesmo tempo e threads diferentes teriam seus resultados salvos de forma errônea. Para as variáveis "result" e "numResults" foi usada a diretiva shared pois seus valores serão

Em seguida, foi implementado o pragma **omp for schedule (dynamic)** responsável por escalonar o laço duplo de leitura da lista de números, de forma a atribuir iterações para cada thread durante a execução (de forma dinâmica), garantindo balanceamento de carga para caso as threads recebam números de tamanhos muito distantes entre si e uma não demore muito mais que a outra para realizar seu trabalho.

```
long int localResults[MAXRESULTS]; // Array to store thread-local results
int localCount = 0;
gettimeofday(&start, NULL);
#pragma omp parallel private(i, j, strToTest, primeToTest, localResults, localCount) shared(result, numResults)
{
    localCount = 0;
#pragma omp for schedule(dynamic)
    for (i = 0; i < numPrimes; i++)
    {
        strcpy(strToTest, firstHalf[i]);
        strcat(strToTest, secondHalf[j]);
        primeToTest = atol(strToTest);
        if (isprime(primeToTest))
        {
            localResults[localCount++] = primeToTest;
        }
      }
    }
}</pre>
```

Figura 3: trecho do código paralelizado para dividir a execução de *isprime* em threads

Após a execução de *isprime* por cada thread com todas as permutações possíveis de números testados, os resultados obtidos por cada uma deve ser armazenado em um mesmo vetor de resultados, o qual posteriormente será ordenado com *quicksort*. Esta parte do algoritmo deve ser implementada com o pragma **omp critical** para garantir exclusão mútua no momento de sincronização dos resultados, pois todas as threads poderiam tentar acessar a mesma posição no vetor de resultados já que numResults é compartilhado, isso nos obriga a garantir que as threads não poderão acessar a mesma posição de numResults antes que haja um incremento do mesmo. Finalizado esse processo, todos os primos encontrados são impressos na tela junto ao tempo gasto para a completude do programa.

```
// Combine results into the shared array
#pragma omp critical
    {
        for (int k = 0; k < localCount; k++)
          {
            result[numResults++] = localResults[k];
          }
     }
}

quicksort(result, 0, numResults - 1);
for (i = 0; i < numResults; i++)
     printf("%ld\n", result[i]);</pre>
```

Figura 4: trecho do código paralelizado para combinar os resultados de cada thread em uma única lista

3 - Demonstrações

Obs: Todos os testes foram realizados em um sistema UBUNTU 20.0.4 , com 8 processadores e 16 processadores lógicos (threads).

4 números primos

Input:

4

50415

100

5041

55750

5039

01

0213

55713

Paralelizado

OMP THREADS = 4



Output

| 1000213 | 5041501 | 5575001 | 504155039 | 504155713 |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|---------|---------|---------|-----------|-----------|

Tempo

| 1.47192 ms | 1.45801 ms | 1.63501 ms | 1.5 ms | 1.40698 ms |
|------------|------------|------------|--------|------------|
| | | | | |

Média: 1,494384 ms

OMP THREADS = 8



Output

| 1000213 | 5041501 | 5575001 | 504155039 | 504155713 |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|---------|---------|---------|-----------|-----------|

Tempo

| 1.72705 ms 1.91284 ms | 1.68286 ms | 1.69409 ms | 1.6709 ms |
|-----------------------|------------|------------|-----------|
|-----------------------|------------|------------|-----------|

Média: 1,737548 ms

Sequencial

```
| Managetization | Marketization | Marketizati
```

Output

| 1000213 5041501 | 5575001 | 504155039 | 504155713 |
|-----------------|---------|-----------|-----------|
|-----------------|---------|-----------|-----------|

Tempo

| 2.84717 mss | 2.88306 ms | 2.948 ms | 2.75098 mss | 2.88208 mss |
|-------------|------------|----------|-------------|-------------|
|-------------|------------|----------|-------------|-------------|

Média: 2,862258 ms

8 primos

Input

8

50415

100

5041

55750

5039

01

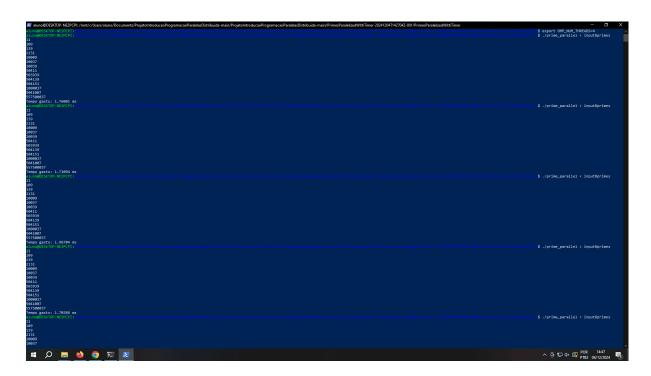
0213

55713

10

Paralelizado

OMP THREAD = 4



Output

| 11 | 109 | 139 | 2131 | 10009 |
|--------|---------|---------|-----------|--------|
| 10037 | 10039 | 50411 | 503939 | 504139 |
| 504151 | 1000037 | 5041007 | 557500037 | |

Tempo

Média: 1,728856 ms

OMP THREAD = 8



Output

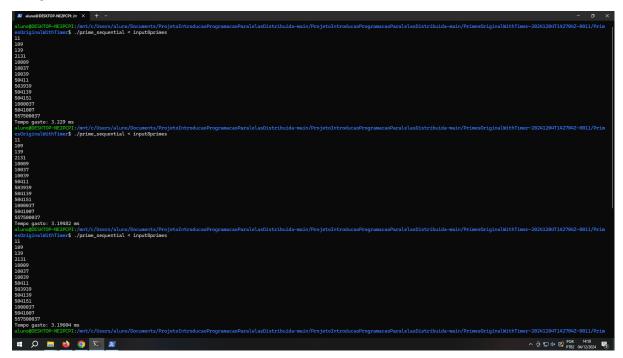
| 11 | 109 | 139 | 2131 | 10009 |
|--------|---------|---------|-----------|--------|
| 10037 | 10039 | 50411 | 503939 | 504139 |
| 504151 | 1000037 | 5041007 | 557500037 | |

Tempo

| | 1.92505 ms | 1.92798 ms | 1.91895 ms | 2.47485 ms | 2.04102 ms |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
|--|------------|------------|------------|------------|------------|

Média: 2,05757 ms

Sequencial



Output

| 11 | 109 | 139 | 2131 | 10009 |
|--------|---------|---------|-----------|--------|
| 10037 | 10039 | 50411 | 503939 | 504139 |
| 504151 | 1000037 | 5041007 | 557500037 | |

Tempo:

| 3.19702 ms 3.08496 mss 3.05615 ms 3.04004 ms 3.2919 |) ms |
|---|------|
|---|------|

Média: 3,134032 ms

16 primos

Input

16

100

10

100

10

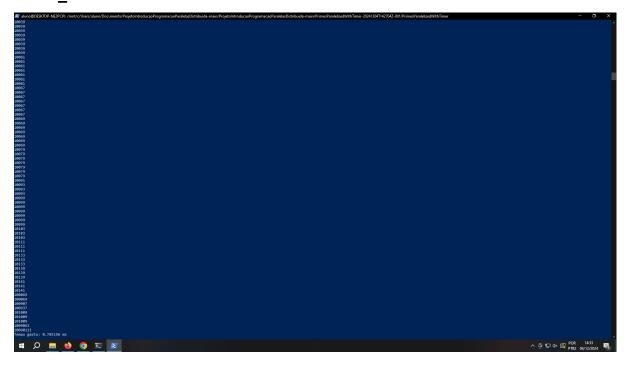
10

10

10

Paralelizado

OMPT_THREAD=4



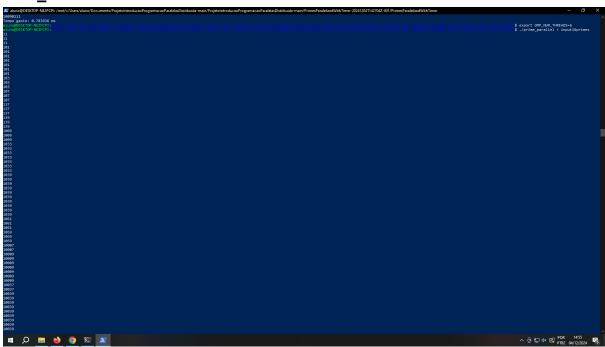
| 11 | 11 | 11 | 101 | 101 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 101 | 101 | 101 | 101 | 103 |
| 103 | 103 | 107 | 107 | 107 |
| 137 | 137 | 137 | 139 | 139 |
| 1009 | 139 | 1009 | 1009 | 1033 |
| 1033 | 1033 | 1033 | 1033 | 1039 |
| 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 |
| 1039 | 1039 | 1039 | 1061 | 1061 |
| 1069 | 1061 | 1069 | 1069 | 10007 |
| 10009 | 10007 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10009 | 10009 | 10009 | 10037 | 10037 |
| 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10061 |
| 10061 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10067 | 10061 | 10067 | 10067 | 10067 |
| 10067 | 10067 | 10067 | 10069 | 10069 |
| 10069 | 10069 | 10069 | 10079 | 10079 |

| 10079 | 10079 | 10079 | 10079 | 10091 |
|---------|--------|----------|--------|--------|
| 10093 | 10093 | 10093 | 10099 | 10099 |
| 10099 | 10099 | 10099 | 10099 | 10103 |
| 10103 | 10103 | 10111 | 10111 | 10111 |
| 10133 | 10133 | 10133 | 10139 | 10139 |
| 10141 | 10139 | 10141 | 10141 | 100069 |
| 100907 | 100069 | 100937 | 101009 | 101009 |
| 1009061 | 101009 | 10090111 | | |

| 0.742188 ms 0.6 | 628906 ms | 0.609863 ms | 0.573975 ms | 0.678955 ms |
|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|

Média: 0,646777 ms

OMP_THREADS=8



| 11 | 11 | 11 | 101 | 101 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 101 | 101 | 101 | 101 | 103 |
| 103 | 103 | 107 | 107 | 107 |
| 137 | 137 | 137 | 139 | 139 |

| 139 | 1009 | 1009 | 1009 | 1033 |
|--------|---------|----------|--------|--------|
| 1033 | 1033 | 1033 | 1033 | 1039 |
| 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 |
| 1039 | 1039 | 1039 | 1061 | 1061 |
| 1061 | 1069 | 1069 | 1069 | 10007 |
| 10007 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10009 | 10009 | 10009 | 10037 | 10037 |
| 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10061 |
| 10061 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10061 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 |
| 10067 | 10067 | 10067 | 10069 | 10069 |
| 10069 | 10069 | 10069 | 10079 | 10079 |
| 10079 | 10079 | 10079 | 10079 | 10091 |
| 10093 | 10093 | 10093 | 10099 | 10099 |
| 10099 | 10099 | 10099 | 10099 | 10103 |
| 10103 | 10103 | 10111 | 10111 | 10111 |
| 10133 | 10133 | 10133 | 10139 | 10139 |
| 10139 | 10141 | 10141 | 10141 | 100069 |
| 100069 | 100907 | 100937 | 101009 | 101009 |
| 101009 | 1009061 | 10090111 | | |

| 0.726074 ms 0.75708 ms | 0.905029 ms | 0.75708 ms | 0.739014 ms |
|------------------------|-------------|------------|-------------|
|------------------------|-------------|------------|-------------|

Média: 0,776855 ms

Sequencial



| 11 | 11 | 11 | 101 | 101 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 101 | 101 | 101 | 101 | 101 |
| 101 | 103 | 103 | 103 | 107 |
| 107 | 107 | 137 | 137 | 137 |
| 139 | 139 | 139 | 1009 | 1009 |
| 1009 | 1033 | 1033 | 1033 | 1033 |
| 1033 | 1033 | 1039 | 1039 | 1039 |
| 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1061 |
| 1061 | 1061 | 1069 | 1069 | 1069 |
| 10007 | 10007 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10037 |
| 10037 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10061 |
| 10061 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10061 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 |
| 10067 | 10067 | 10067 | 10069 | 10069 |
| 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10069 | 10079 | 10079 | 10079 | 10079 |
| 10079 | 10079 | 10079 | 10091 | 10093 |
| 10093 | 10093 | 10099 | 10099 | 10099 |
| | | | | |

| 10099 | 10099 | 10099 | 10099 | 10103 |
|--------|---------|----------|--------|--------|
| 10103 | 10103 | 10111 | 10111 | 10111 |
| 10133 | 10133 | 10133 | 10139 | 10139 |
| 10139 | 10141 | 10141 | 10141 | 100069 |
| 100069 | 100907 | 100937 | 101009 | 101009 |
| 101009 | 1009061 | 10090111 | | |

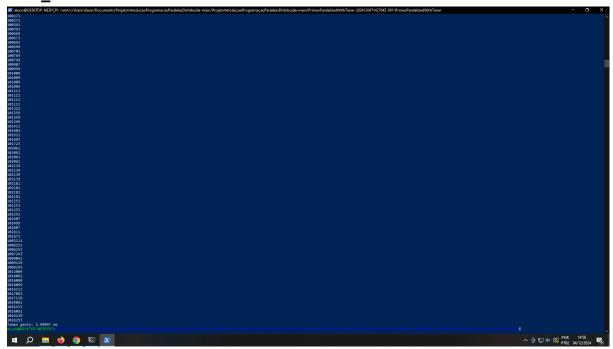
| 0.940918 ms 0.973877 ms | 0.907959 ms | 0.89917 ms | 0.924072 ms |
|-------------------------|-------------|------------|-------------|
|-------------------------|-------------|------------|-------------|

Média: 0,9291992 ms

32 primos

Paralelizado

OMP_THREAD=4



| 11 | 101 | 101 | 101 | 101 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 101 | 101 | 101 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |

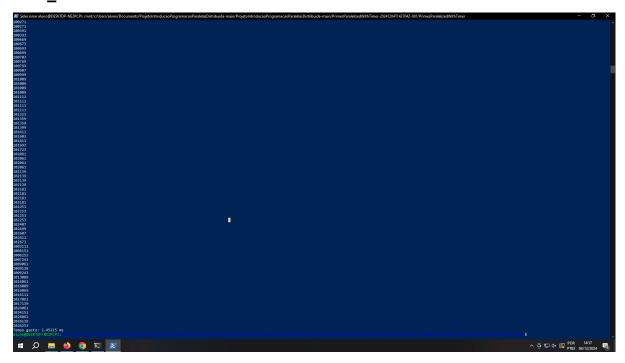
| 103 103 103 103 10 103 107 107 107 107 10 107 107 107 107 10 107 10 107 107 107 107 10 10 100 <t< th=""><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th></t<> | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| 103 107 100 1009 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 107 100 100 1009 1003 1033 1033 1033 1033 1033 1033 1033 1033 1033 1036 1066 1066 1066 1066 1066 1066 1066 1066 <td>103</td> <td>103</td> <td>103</td> <td>103</td> <td>103</td> | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 107 107 <td>103</td> <td>107</td> <td>107</td> <td>107</td> <td>107</td> | 103 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 107 107 107 10 109 109 109 109 10 1009 1009 1009 1009 10 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1021 102 1021 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1094 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 109 109 109 109 101 1009 1009 1009 101 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1021 102 1021 1021 1021 1039 103 1039 1039 1039 1039 103 1039 1039 1039 1039 103 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1092 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 1003 1003 10037 10037 10037 1003 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 1009 1009 1009 101 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1021 102 1021 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 1003 1003 10037 10037 10037 1003 1003 10039 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1021 102 1021 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
| 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1021 102 1021 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 | 1009 | 1009 | 1009 | 1009 | 1013 |
| 1019 1019 1019 1021 102 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 10061 10061 <td>1013</td> <td>1013</td> <td>1013</td> <td>1013</td> <td>1013</td> | 1013 | 1013 | 1013 | 1013 | 1013 |
| 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 1003 1003 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 1003 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 1006 1006 10062 10063 10069 10069 10069 10069 10069 10069 <td>1013</td> <td>1013</td> <td>1013</td> <td>1013</td> <td>1019</td> | 1013 | 1013 | 1013 | 1013 | 1019 |
| 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 1003 1003 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 1006 10062 10063 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 1 | 1019 | 1019 | 1019 | 1021 | 1021 |
| 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 109 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10062 10063 10067 1006 1006 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 <t< td=""><td>1021</td><td>1021</td><td>1021</td><td>1039</td><td>1039</td></t<> | 1021 | 1021 | 1021 | 1039 | 1039 |
| 1069 1069 1069 1069 1069 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1092 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10061 10061 10061 10067 1006 10067 10067 10067 1006 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 |
| 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10067 10067 10067 1006 1006 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 10093 10093 10093 | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1069 |
| 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10061 10061 10061 10067 1006 10067 10067 10067 1006 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 10093 10093 10099 10093 <td>1069</td> <td>1069</td> <td>1069</td> <td>1069</td> <td>1069</td> | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 |
| 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10067 10067 10067 1006 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 10093 10093 10099 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 |
| 1093 1093 1093 1093 1093 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 1003 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10067 10067 10067 10067 1006 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 | 1093 |
| 10007 10007 10007 10007 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10033 10037 10037 10037 10037 10033 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10067 10067 1006 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 10093 10093 10099 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 |
| 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10067 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10093 10093 10099 10099 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 |
| 10009 10009 10009 10009 1003 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10067 10067 10067 10067 1006 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10099 10099 10099 | 10007 | 10007 | 10007 | 10007 | 10009 |
| 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10069 1006 10061 10061 10061 10067 1006 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10061 10061 10067 10067 1006 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10037 |
| 10039 10039 10039 1006 10061 10061 10061 10061 1006 10061 10061 10067 1006 10067 1006 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 | 10037 | 10037 | 10037 | 10037 | 10037 |
| 10061 10061 10061 10061 1006 10061 10061 10067 10067 1006 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10093 10093 10093 10093 10099 10093 10093 10099 10099 10099 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10061 10061 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10093 10093 10099 10099 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10061 |
| 10067 10067 10067 10067 10069 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10093 10093 10093 10093 10099 10093 10093 10099 10099 10099 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10079 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10093 10099 10099 | 10061 | 10061 | 10061 | 10067 | 10067 |
| 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10079 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10093 10099 10099 10093 10093 10099 10099 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 |
| 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10093 10093 10099 10099 | 10067 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10093 10093 10093 10099 10099 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10079 10091 10091 10091 10099 10093 10093 10093 10099 10099 10093 10099 10099 10099 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10079 |
| 10093 10093 10093 10093 10093 10093 10099 10099 | 10079 | 10079 | 10079 | 10079 | 10079 |
| 10093 10093 10099 10099 10099 | 10079 | 10091 | 10091 | 10091 | 10091 |
| | 10093 | 10093 | 10093 | 10093 | 10093 |
| 10099 10099 10099 10109 | 10093 | 10093 | 10099 | 10099 | 10099 |
| | 10099 | 10099 | 10099 | 10099 | 10103 |
| 10103 10103 10103 10111 1011 | 10103 | 10103 | 10103 | 10111 | 10111 |

| 10111 | 10111 | 10111 | 10111 | 10111 |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10133 | 10133 | 10133 | 10139 | 10139 |
| 10139 | 10139 | 10139 | 10139 | 10141 |
| 10151 | 10151 | 10151 | 10151 | 10151 |
| 10151 | 10151 | 10151 | 10159 | 10159 |
| 10159 | 10159 | 10159 | 10159 | 10163 |
| 10163 | 10163 | 10163 | 10169 | 10169 |
| 10169 | 10169 | 10169 | 10169 | 10177 |
| 10177 | 10177 | 10177 | 10177 | 10177 |
| 10181 | 10181 | 10181 | 10181 | 10181 |
| 10181 | 10181 | 10181 | 10193 | 10193 |
| 10193 | 10193 | 10193 | 10211 | 10211 |
| 10211 | 10211 | 10211 | 10223 | 10223 |
| 10223 | 10223 | 10223 | 10243 | 10243 |
| 10243 | 10243 | 10243 | 10243 | 10243 |
| 10243 | 10243 | 10247 | 10247 | 10247 |
| 10247 | 10247 | 10253 | 10253 | 10253 |
| 10253 | 10253 | 10253 | 10253 | 10259 |
| 10259 | 10259 | 10259 | 10259 | 10259 |
| 10259 | 10259 | 10267 | 10267 | 10267 |
| 10267 | 10267 | 10271 | 10271 | 10271 |
| 10271 | 10271 | 10271 | 10271 | 10273 |
| 10273 | 10273 | 10273 | 10273 | 100069 |
| 100069 | 100069 | 100069 | 100069 | 100151 |
| 100151 | 100151 | 100151 | 100151 | 100271 |
| 100271 | 100271 | 100271 | 100271 | 100391 |
| 100393 | 100669 | 100673 | 100693 | 100699 |
| 100703 | 100769 | 100799 | 100907 | 100999 |
| 101009 | 101009 | 101009 | 101009 | 101111 |
| 101111 | 101111 | 101111 | 101323 | 101359 |
| 101359 | 101399 | 101411 | 101603 | 101611 |
| 101693 | 101723 | 102061 | 102061 | 102061 |
| 102061 | 102139 | 102139 | 102139 | 102139 |
| 102181 | 102181 | 102181 | 102181 | 102253 |
| 102253 | 102253 | 102253 | 102253 | 102407 |
| 102499 | 102607 | 102611 | 102673 | 1003111 |
| 1006151 | 1006253 | 1007243 | 1009061 | 1009139 |
| | | | | |

| | | 1.20117 ms | 1.30713 ms | 1.46899 ms | 1.15381 ms | 1.198 ms |
|--|--|------------|------------|------------|------------|----------|
|--|--|------------|------------|------------|------------|----------|

Média: 1,26582 ms

OMP_THREAD=8



| 11 | 101 | 101 | 101 | 101 |
|------|------|------|------|------|
| 101 | 101 | 101 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
| 1009 | 1009 | 1009 | 1009 | 1013 |
| 1013 | 1013 | 1013 | 1013 | 1013 |
| 1013 | 1013 | 1013 | 1013 | 1019 |

| 1021 1021 1039 1049 1060 1000 1000 1000 1000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1049 1060 1060 1060 1000 <td< td=""><td>1019</td><td>1019</td><td>1019</td><td>1021</td><td>1021</td></td<> | 1019 | 1019 | 1019 | 1021 | 1021 |
| 1039 1039 1039 1039 10 1069 1069 1069 1069 10 1091 1091 1091 1091 10 1093 1093 1093 1093 10 1093 1093 1093 1093 10 10007 10007 10007 10007 100 10009 10009 10009 10009 100 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 100 10039 10039 10039 10039 100 10039 10039 10039 10039 100 10041 10061 10061 10061 100 10061 10061 10061 10067 100 10067 10067 10067 10067 100 10069 10069 10069 100 100 10079 10079 10079 <td< td=""><td>1021</td><td>1021</td><td>1021</td><td>1039</td><td>1039</td></td<> | 1021 | 1021 | 1021 | 1039 | 1039 |
| 1069 1069 1069 1069 10 1091 1091 1091 1091 10 1093 1093 1093 1093 10 1093 1093 1093 1093 10 10007 10007 10007 10007 100 10009 10009 10009 10009 100 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 100 10039 10039 10039 10039 100 10039 10039 10039 10039 100 10041 10061 10061 10061 100 10061 10061 10061 10067 100 10067 10067 10067 100 100 10067 10069 10069 100 100 10069 10069 10069 100 100 10079 10079 10079 <t< td=""><td>1039</td><td>1039</td><td>1039</td><td>1039</td><td>1039</td></t<> | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 |
| 1091 1001 1001 <td< td=""><td>1039</td><td>1039</td><td>1039</td><td>1039</td><td>1069</td></td<> | 1039 | 1039 | 1039 | 1039 | 1069 |
| 1091 1091 1091 1091 1091 1091 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1003 1003 10007 10007 10007 10007 10007 10007 10007 10009 <td< td=""><td>1069</td><td>1069</td><td>1069</td><td>1069</td><td>1069</td></td<> | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 |
| 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1093 1003 1003 10007 10007 10007 10007 10007 10009 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 |
| 1093 1093 1093 1093 10 10007 10007 10007 10007 100 10009 10009 10009 10009 100 10009 10009 10009 100 100 10037 10037 10037 10037 100 10039 10039 10039 10039 100 10061 10061 10061 10061 100 10061 10061 10061 10067 100 10067 10067 10067 10067 100 10067 10069 10069 10069 100 10069 10069 10069 100 100 10079 10079 10079 10079 100 10093 10093 10093 100 10093 10093 10093 100 10079 10079 10079 10079 100 10093 10093 10093 100 100 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 | 1093 |
| 10007 10007 10007 10007 1000 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10067 100 10067 10067 10067 10067 100 10069 10069 10069 10069 100 10069 10069 10069 10069 100 10079 10079 10079 10079 100 10093 10093 10093 10093 100 10093 10093 10099 100 100 10093 10093 10099 100 100 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 |
| 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10009 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 1000 10061 10061 10061 10061 10061 100 10061 10061 10061 10067 100 10067 100 10067 10067 10067 10069 10069 10069 100 10069 10069 10069 10069 10069 100 10079 10079 10079 10079 100 100 10079 10091 10091 10091 100 100 10093 10093 10093 10099 100 100 100 10099 10099 10099 10099 101 101 101 101 101 101 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 |
| 10009 10009 10009 10009 1000 10037 10037 10037 10037 10037 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10067 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 10093 10093 1009 10099 10099 10099 10099 1009 100103 10103 10111 101 1011 1011 10111 10111 10111 10111 1015 10151 10151 10151 10151 10159 1016 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10007 | 10007 | 10007 | 10007 | 10009 |
| 10037 10037 10037 10037 1003 10039 10039 10039 10039 1003 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10067 100 10067 10067 10067 10067 100 10067 10069 10069 10069 100 10069 10069 10069 10069 100 10079 10079 10079 10079 100 10093 10093 10093 10093 100 10093 10093 10093 10093 100 10093 10093 10099 100 100 10103 10103 10103 1011 101 10111 10111 10111 1011 1011 10133 10133 10139 1013 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10039 10061 10061 10061 10061 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10093 10093 10093 10093 10093 10093 10093 10099 10099 1009 10103 10103 10111 1011 1011 1011 10111 10111 10111 10111 1011 1015 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 <td< td=""><td>10009</td><td>10009</td><td>10009</td><td>10009</td><td>10037</td></td<> | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10037 |
| 10039 10039 10039 10039 1000 10061 10061 10061 10061 1006 10061 10061 10067 10067 1006 10067 10069 10069 10069 1006 10069 10069 10069 10069 100 10079 10079 10079 10079 100 10093 10093 10093 10093 100 10093 10093 10099 10099 100 10099 10099 10099 100 101 10103 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 1011 101 10133 10133 10133 10139 1013 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 101 10169 10169 10169 10169 10169 | 10037 | 10037 | 10037 | 10037 | 10037 |
| 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10061 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 100 10079 10079 10079 10079 100 10079 10091 10091 10091 100 10093 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 101 10103 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 1011 101 10133 10133 10133 10139 101 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10061 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10067 1006 10067 10069 10069 10069 1006 10069 10069 10069 10069 1006 10079 10079 10079 10079 1007 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 1019 10103 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 1011 10133 10133 10133 10139 1013 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10169 10169 10169 10169 10169 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10061 |
| 10067 10067 10067 10067 10067 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10093 10093 10093 10093 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 10099 1019 101 10111 10111 10111 1011 1011 10133 10133 10133 10139 1013 10139 10139 10139 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10067 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10070 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 10099 10099 1011 101 10103 10103 10111 101 1011 1011 101 10133 10133 10133 10139 10139 10139 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10061 | 10061 | 10061 | 10067 | 10067 |
| 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 1011 10103 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 101 10133 10133 10133 10139 101 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 1016 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 |
| 10069 10069 10069 10069 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 10099 10099 1011 101 10103 10103 10103 10111 101 101 10111 10111 10111 10111 101 101 10133 10133 10133 10139 1013 10149 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 1015 10163 10163 10163 10169 1016 10169 10169 10169 10169 10169 | 10067 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10079 10079 10079 10079 10079 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 10099 10099 1011 101 10103 10103 10103 10111 101 101 10111 10111 10111 10111 101 101 10133 10133 10133 10139 10139 10139 10139 10139 10139 1015 10151 10151 10151 10151 1015 10152 10151 10159 10159 10159 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10079 10091 10091 10091 10091 10093 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 10099 1019 10103 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 1011 10133 10133 10133 10139 1013 10139 10139 10139 10139 1015 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10169 10163 10169 10169 10169 10169 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10079 |
| 10093 10093 10093 10093 1009 10093 10099 10099 10099 10099 10103 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 101 10133 10133 10133 10139 101 10139 10139 10139 10139 101 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10159 10169 10163 10163 10163 10169 10169 | 10079 | 10079 | 10079 | 10079 | 10079 |
| 10093 10093 10099 10099 10099 10099 10099 10099 1019 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 101 10133 10133 10133 10139 10139 10139 10139 10139 10139 1014 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 101 10159 10159 10159 10159 1016 10163 10163 10163 10169 1016 10169 10169 10169 10169 10169 | 10079 | 10091 | 10091 | 10091 | 10091 |
| 10099 10099 10099 1019 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 101 10133 10133 10133 10139 1013 10139 10139 10139 10139 1014 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 1015 10159 10159 10159 10159 1016 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10093 | 10093 | 10093 | 10093 | 10093 |
| 10103 10103 10111 101 10111 10111 10111 10111 101 10133 10133 10133 10139 1013 10139 10139 10139 10139 1014 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10159 1016 10163 10163 10163 10169 1016 10169 10169 10169 10169 10169 | 10093 | 10093 | 10099 | 10099 | 10099 |
| 10111 10111 10111 1011 101 10133 10133 10139 10139 10139 10139 10139 10139 10139 1014 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10169 10169 10163 10169 10169 10169 10169 | 10099 | 10099 | 10099 | 10099 | 10103 |
| 10133 10133 10139 10139 10139 10139 10139 10139 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10103 | 10103 | 10103 | 10111 | 10111 |
| 10139 10139 10139 10139 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10111 | 10111 | 10111 | 10111 | 10111 |
| 10151 10151 10151 10151 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10159 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10133 | 10133 | 10133 | 10139 | 10139 |
| 10151 10151 10159 10159 10159 10159 10159 10159 10163 10163 10163 10169 10169 10169 10169 10169 10169 10169 | 10139 | 10139 | 10139 | 10139 | 10141 |
| 10159 10159 10159 10159 10163 10163 10163 10169 1016 10169 10169 10169 10169 1016 | 10151 | 10151 | 10151 | 10151 | 10151 |
| 10163 10163 10163 10169 1016 10169 10169 10169 10169 1017 | 10151 | 10151 | 10151 | 10159 | 10159 |
| 10169 10169 10169 10169 101 | 10159 | 10159 | 10159 | 10159 | 10163 |
| | 10163 | 10163 | 10163 | 10169 | 10169 |
| | 10169 | 10169 | 10169 | 10169 | 10177 |
| 10177 10177 10177 10177 101 | 10177 | 10177 | 10177 | 10177 | 10177 |
| 10181 10181 10181 10181 1018 | 10181 | 10181 | 10181 | 10181 | 10181 |

| 10181 | 10181 | 10181 | 10193 | 10193 |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10193 | 10193 | 10193 | 10211 | 10211 |
| 10211 | 10211 | 10211 | 10223 | 10223 |
| 10223 | 10223 | 10223 | 10243 | 10243 |
| 10243 | 10243 | 10243 | 10243 | 10243 |
| 10243 | 10243 | 10247 | 10247 | 10247 |
| 10247 | 10247 | 10253 | 10253 | 10253 |
| 10253 | 10253 | 10253 | 10253 | 10259 |
| 10259 | 10259 | 10259 | 10259 | 10259 |
| 10259 | 10259 | 10267 | 10267 | 10267 |
| 10267 | 10267 | 10271 | 10271 | 10271 |
| 10271 | 10271 | 10271 | 10271 | 10273 |
| 10273 | 10273 | 10273 | 10273 | 100069 |
| 100069 | 100069 | 100069 | 100069 | 100151 |
| 100151 | 100151 | 100151 | 100151 | 100271 |
| 100271 | 100271 | 100271 | 100271 | 100391 |
| 100393 | 100669 | 100673 | 100693 | 100699 |
| 100703 | 100769 | 100799 | 100907 | 100999 |
| 101009 | 101009 | 101009 | 101009 | 101111 |
| 101111 | 101111 | 101111 | 101323 | 101359 |
| 101359 | 101399 | 101411 | 101603 | 101611 |
| 101693 | 101723 | 102061 | 102061 | 102061 |
| 102061 | 102139 | 102139 | 102139 | 102139 |
| 102181 | 102181 | 102181 | 102181 | 102253 |
| 102253 | 102253 | 102253 | 102253 | 102407 |
| 102499 | 102607 | 102611 | 102673 | 1003111 |
| 1006151 | 1006253 | 1007243 | 1009061 | 1009139 |
| | | | | |

| 1.00806 ms | 1.18896 ms | 1.1792 ms | 1.06592 ms | 1.14917 ms |
|------------|------------|-----------|------------|------------|
| | | | | |

Média: 1,118262 ms

Sequencial



| 101 | 101 | 101 | 101 | 101 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 101 | 101 | 101 | 101 | 101 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
| 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
| | | | | |

| 1009 1009 1009 1009 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1019 1021 1021 1021 1021 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1069 1069 | 1013 1013 1019 1021 1039 1039 1039 | 1013 1013 1019 1021 1039 1039 | 1013 1013 1019 1021 1039 | 1013 1013 1019 1021 |
|---|--|--|--------------------------------------|------------------------------|
| 1013 1013 1013 1013 1013 1019 1019 1019 1019 102 1021 1021 1021 1021 103 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 | 1013 1019 1021 1039 1039 1039 1069 | 1013 1019 1021 1039 1039 1039 | 1013 1019 1021 1039 | 1013 1019 1021 |
| 1019 1019 1019 1019 102 1021 1021 1021 1021 103 1039 1039 1039 1039 103 1039 1039 1039 1039 103 1039 1039 1039 1039 106 1069 1069 1069 1069 1069 1069 | 1019 1021 1039 1039 1039 1069 | 1019 1021 1039 1039 1039 | 1019 1021 1039 | 1019 1021 |
| 1021 1021 1021 1021 103 1039 1039 1039 1039 103 1039 1039 1039 1039 103 1039 1039 1039 1039 106 1069 1069 1069 1069 1069 | 1021 1039 1039 1039 1069 | 1021 1039 1039 1039 | 1021 1039 | 1021 |
| 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 | 1039 1039 1039 1069 | 1039 1039 1039 | 1039 | |
| 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 | 1039 1039 1069 | 1039 1039 | | 1039 |
| 1039 1039 1039 1039 1069 1069 1069 1069 1069 1069 | 1039 1069 | 1039 | 1039 | |
| 1069 1069 1069 1069 | 1069 | | .000 | 1039 |
| | | | 1039 | 1039 |
| 1069 1069 1069 1069 106 | 1060 | 1069 | 1069 | 1069 |
| 1000 | 1003 | 1069 | 1069 | 1069 |
| 1091 1091 1091 1091 1091 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 |
| 1091 1091 1091 1091 1091 | 1091 | 1091 | 1091 | 1091 |
| 1093 1093 1093 1093 1093 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 |
| 1093 1093 1093 1093 1093 | 1093 | 1093 | 1093 | 1093 |
| 10007 10007 10007 10007 10007 | 10007 | 10007 | 10007 | 10007 |
| 10009 10009 10009 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10009 10009 10009 10009 | 10009 | 10009 | 10009 | 10009 |
| 10037 10037 10037 10037 1003 | 10037 | 10037 | 10037 | 10037 |
| 10039 10039 10039 10039 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10039 10039 10039 1006 | 10039 | 10039 | 10039 | 10039 |
| 10061 10061 10061 10061 1006 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10061 10061 10061 10061 1006 | 10061 | 10061 | 10061 | 10061 |
| 10067 10067 10067 10067 10067 | 10067 | 10067 | 10067 | 10067 |
| 10067 10069 10069 10069 1006 | 10069 | 10069 | 10069 | 10067 |
| 10069 10069 10069 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10069 10069 10069 10069 | 10069 | 10069 | 10069 | 10069 |
| 10079 10079 10079 10079 | 10079 | 10079 | 10079 | 10079 |
| 10079 10091 10091 10091 10091 | 10091 | 10091 | 10091 | 10079 |
| 10093 10093 10093 10093 | 10093 | 10093 | 10093 | 10093 |
| 10093 10093 10099 10099 1009 | 10099 | 10099 | 10093 | 10093 |
| 10099 10099 10099 1010 | 10099 | 10099 | 10099 | 10099 |
| 10103 10103 10103 10103 | 10103 | 10103 | 10103 | 10103 |
| 10111 10111 10111 10111 1011 | 10111 | 10111 | 10111 | 10111 |
| 10111 10111 10111 1013 | 10111 | 10111 | 10111 | 10111 |
| 10133 10133 10139 1013 | 10139 | 10133 | 10133 | 10133 |
| 10139 10139 10139 10139 | 10139 | 10139 | 10139 | 10139 |
| 10139 10139 10139 10139 | 10139 | 10139 | 10139 | 10139 |

| 10139 | 10139 | 10139 | 10139 | 10151 |
|--------|--------|--------|--------|---------|
| 10151 | 10151 | 10151 | 10151 | 10151 |
| 10151 | 10151 | 10151 | 10151 | 10159 |
| 10159 | 10159 | 10159 | 10159 | 10159 |
| 10159 | 10159 | 10159 | 10163 | 10163 |
| 10163 | 10163 | 10163 | 10169 | 10169 |
| 10169 | 10169 | 10169 | 10169 | 10177 |
| 10177 | 10177 | 10177 | 10177 | 10177 |
| 10181 | 10181 | 10181 | 10181 | 10181 |
| 10181 | 10181 | 10181 | 10181 | 10193 |
| 10193 | 10193 | 10193 | 10193 | 10211 |
| 10211 | 10211 | 10211 | 10211 | 10223 |
| 10223 | 10223 | 10223 | 10223 | 10243 |
| 10243 | 10243 | 10243 | 10243 | 10243 |
| 10243 | 10243 | 10243 | 10247 | 10247 |
| 10247 | 10247 | 10247 | 10247 | 10253 |
| 10253 | 10253 | 10253 | 10253 | 10253 |
| 10253 | 10253 | 10253 | 10253 | 10259 |
| 10259 | 10259 | 10259 | 10259 | 10259 |
| 10259 | 10259 | 10259 | 10259 | 10267 |
| 10267 | 10267 | 10267 | 10267 | 10267 |
| 10271 | 10271 | 10271 | 10271 | 10271 |
| 10271 | 10271 | 10271 | 10271 | 10273 |
| 10273 | 10273 | 10273 | 10273 | 100069 |
| 100069 | 100069 | 100069 | 100069 | 100151 |
| 100151 | 100151 | 100151 | 100151 | 100271 |
| 100271 | 100271 | 100271 | 100271 | 100391 |
| 100393 | 100669 | 100673 | 100693 | 100699 |
| 100703 | 100769 | 100799 | 100907 | 100999 |
| 101009 | 101009 | 101009 | 101009 | 101111 |
| 101111 | 101111 | 101111 | 101323 | 101359 |
| 101359 | 101399 | 101411 | 101603 | 101611 |
| 101693 | 101723 | 102061 | 102061 | 102061 |
| 102061 | 102139 | 102139 | 102139 | 102139 |
| 102181 | 102181 | 102181 | 102181 | 102253 |
| 102253 | 102253 | 102253 | 102253 | 102407 |
| 102499 | 102607 | 102611 | 102673 | 1003111 |
| | | | | |

| 1006151 1006253 1007243 1009061 100913 | |
|--|--|
|--|--|

| 3.87207 ms | 3.50903 ms | 3.62109 ms | 3.56909 ms | 3.64185 ms |
|------------|------------|------------|------------|------------|
|------------|------------|------------|------------|------------|

Média: 3,642626 ms

4 - Resultados e conclusões

Tendo em vista as médias de tempo gastas em cada programa, podemos obter o speedup de cada paralelização em relação ao tempo sequencial, sabendo que Speedup = tempo sequencial / tempo paralelo. Logo:

Para input de 4 números primos:

```
Speed up Paralelas 4 OMP_THREADS = 2,862258/1,494384 = 1,915
Speed up Paralelas 8 OMP_THREADS = 2,862258/1,73754 = 1,647
```

Para input de 8 números primos:

```
Speed up Paralelas 4 OMP_THREADS = 3,134032/1,728856 = 1,813
Speed up Paralelas 8 OMP_THREADS = 3,134032/2,05757 = 1,523
```

Para input de 16 números primos:

```
Speed up Paralelas 4 OMP_THREADS = 0,9291992/ 0,646777 = 1,437
Speed up Paralelas 8 OMP THREADS = 0,9291992/ 0,776855 = 1,196
```

Para input de 32 números primos:

```
Speed up Paralelas 4 OMP_THREADS = 3,642626/1,26582 = 2,878
Speed up Paralelas 8 OMP_THREADS = 3,642626/1,118262 = 3,257
```

Portanto, fica claro que o problema em questão pode ser paralelizado com grande sucesso, dado que em todos os casos, o tempo de execução do programa paralelo foi menor que o sequencial. Curiosamente, o speedup do programa com OMP_THREADS 8 foi, na maioria dos casos, menor que o com OMP_THREADS 4. Isso se deve, provavelmente, à configuração do computador em que foram realizados os testes.

Concluindo, pode-se entender que o problema foi paralelizado com sucesso.