

Relatório OpenMP

O programa utilizado consiste em uma multiplicação e uma adição de matrizes, e se faz disponível em <https://github.com/CristianZatt/trabalhoOpenMP>.

A máquina utilizada para os benchmarks consiste em um processador AMD Ryzen 7 1700 3GHz de 8 cores e 16 threads, 16GB de RAM DDR4 2666MHz e Windows 10 X64.

A compilação se dá pela execução do script tasks.json, que utiliza o MinGW (setado em c_cpp_properties.json) para compilar o executável a.exe.

Multiplicação de matrizes

Na porção de multiplicação, o objetivo foi a realização de um benchmark com diferentes configurações de “omp parallel for schedule(dynamic)” e “omp parallel for schedule(static)”, com diferentes configurações de collapse.

A Tabela 1 exibe os resultados dos benchmarks de multiplicação, onde foi utilizado 6 diferentes configurações.

TMM0 = Sequencial;

TMM1 = omp parallel for schedule(static) private(i,j,k)shared(matrix1,matrix2,result);

TMM2 = omp parallel for schedule(static) collapse(2) private(i,j,k)shared(matrix1,matrix2,result)

TMM3 = omp parallel for schedule(static) collapse(3) private(i,j,k)shared(matrix1,matrix2,result)

TMM4 = omp parallel for schedule(dynamic) private(i,j,k)shared(matrix1,matrix2,result)

TMM5 = omp parallel for schedule(dynamic) collapse(2) private(i,j,k)shared(matrix1,matrix2,result)

TMM6 = omp parallel for schedule(dynamic) collapse(3) private(i,j,k)shared(matrix1,matrix2,result)

Tabela 1 - Resultado dos benchmarks

Multiplicação		Tempo Médio da multiplicação						
Threads	Tamanho	TMM0	TMM1	TMM2	TMM3	TMM4	TMM5	TMM6
2	100	0.00475	0.00250	0.00250	0.00275	0.00275	0.00900	0.12575
3	100	0.00475	0.00175	0.00175	0.00175	0.00175	0.01025	0.08725
4	100	0.00475	0.00125	0.00150	0.00125	0.00150	0.00950	0.06775
5	100	0.00475	0.00100	0.00125	0.00100	0.00125	0.00875	0.05525
6	100	0.00475	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00950	0.04425
7	100	0.00475	0.00100	0.00100	0.00075	0.00075	0.00925	0.04050

8	100	0.00475	0.00125	0.00150	0.00150	0.00075	0.00925	0.03825
9	100	0.00475	0.00125	0.00125	0.00125	0.00100	0.00900	0.04225
10	100	0.00475	0.00125	0.00125	0.00100	0.00075	0.00900	0.04900
11	100	0.00475	0.00125	0.00100	0.00100	0.00100	0.00800	0.03850
12	100	0.00475	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00750	0.03850
13	100	0.00475	0.00100	0.00100	0.00100	0.00075	0.00725	0.03625
14	100	0.00475	0.00100	0.00100	0.00075	0.00075	0.00725	0.04725
15	100	0.00475	0.00100	0.00100	0.00100	0.00075	0.00750	0.03550
2	500	0.55650	0.28700	0.30100	0.29450	0.27900	1.23300	16.04100
3	500	0.55650	0.19150	0.20700	0.19800	0.19200	1.18950	7.49100
4	500	0.55650	0.14350	0.15550	0.15250	0.14350	1.11300	7.56150
5	500	0.55650	0.11550	0.12500	0.12650	0.11650	1.16100	6.14450
6	500	0.55650	0.10500	0.10800	0.10850	0.09950	1.19150	5.36400
7	500	0.55650	0.08650	0.09350	0.09000	0.08850	1.10150	4.93450
8	500	0.55650	0.08450	0.08750	0.08750	0.08250	1.07150	4.97950
9	500	0.55650	0.10300	0.10950	0.10400	0.07600	1.08650	5.19800
10	500	0.55650	0.09250	0.09950	0.09800	0.07650	1.07550	5.15400
11	500	0.55650	0.09650	0.09550	0.09500	0.07850	1.00550	4.95450
12	500	0.55650	0.08400	0.09050	0.08700	0.07650	0.93350	4.83450
13	500	0.55650	0.08450	0.09050	0.08900	0.07700	0.88100	4.71950
14	500	0.55650	0.08250	0.08750	0.08450	0.07750	0.84900	4.53750
15	500	0.55650	0.07900	0.08250	0.08150	0.07550	0.81500	4.40750
2	1000	4.44300	2.35400	2.57900	2.39000	2.23900	8.86800	70.54000
3	1000	4.44300	1.60000	1.72800	1.76700	1.56100	9.66500	69.89500
4	1000	4.44300	1.20200	1.27300	1.29400	1.15000	9.37500	58.87200
5	1000	4.44300	0.93500	0.98900	0.95900	0.91500	9.83900	47.14400
6	1000	4.44300	0.78800	0.83600	0.84200	0.81700	9.41700	42.00600
7	1000	4.44300	0.74400	0.75900	0.73000	0.66300	8.72100	39.47800
8	1000	4.44300	0.60500	0.66800	0.63900	0.59600	8.54400	40.29600
9	1000	4.44300	0.81500	0.72100	0.81400	0.58700	8.72700	41.45000
10	1000	4.44300	0.72400	0.76000	0.72300	0.58500	8.79600	39.96200
11	1000	4.44300	0.73800	0.83200	0.84800	0.72400	8.71900	39.42200
12	1000	4.44300	0.76100	0.66300	0.69400	0.62800	7.61300	38.20400
13	1000	4.44300	0.64900	0.69600	0.69900	0.63000	7.07300	36.83100
14	1000	4.44300	0.65200	0.66300	0.65500	0.61500	6.91600	35.95400
15	1000	4.44300	0.61200	0.64000	0.64200	0.59200	6.48900	35.40500

É possível se perceber um grande aumento de tempo em TMM6, tanto que para os gráficos abaixo, esta configuração foi deixada de fora. Isso ocorre pois, o modo Dynamic possui overhead maior e não é adequado para o caso do TMM6.

Dynamic é indicado para quando existe maior diferença de tempo entre a conclusão dos processamentos de uma thread e outra. Como no nosso caso a computação é a mesma, o dynamic causa um grande overhead sem notável benefício, visível principalmente quando

colapsado no terceiro loop (TMM6), onde existe uma grande criação de threads de curta duração, causando um overhead imenso.

Principalmente pela visualização da representação gráfica Figura 2, nota-se também que após 8 threads o tempo médio para processar os dados em TMM de 1 a 4 aumenta. Isso pois o processador utilizado, apesar de possuir 16 threads, possui apenas 8 núcleos, sendo que mais que 8 threads passam a compartilhar núcleos.

Abaixo seguem alguns gráficos com diferentes arranjos de dados a fim de demonstrar as diferenças entre as diferentes configurações.

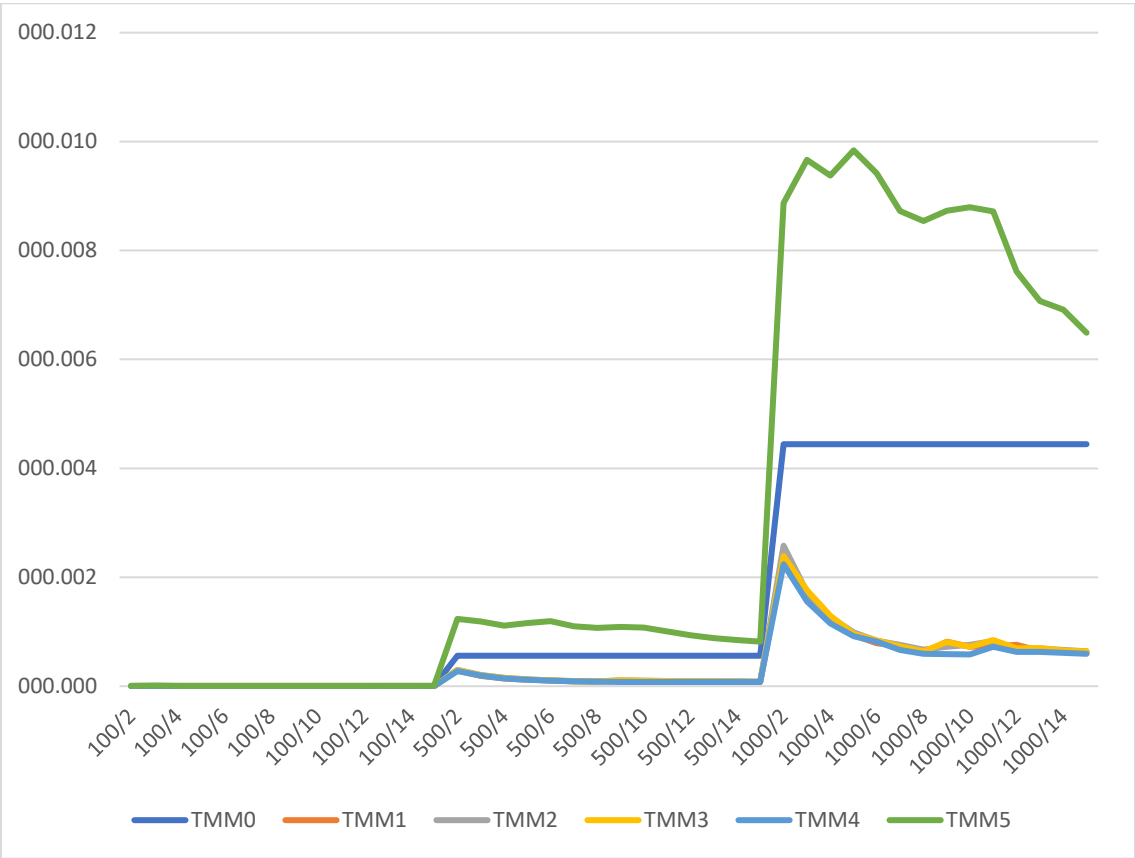


Figura 1 - Gráfico do banchmark de multiplicação

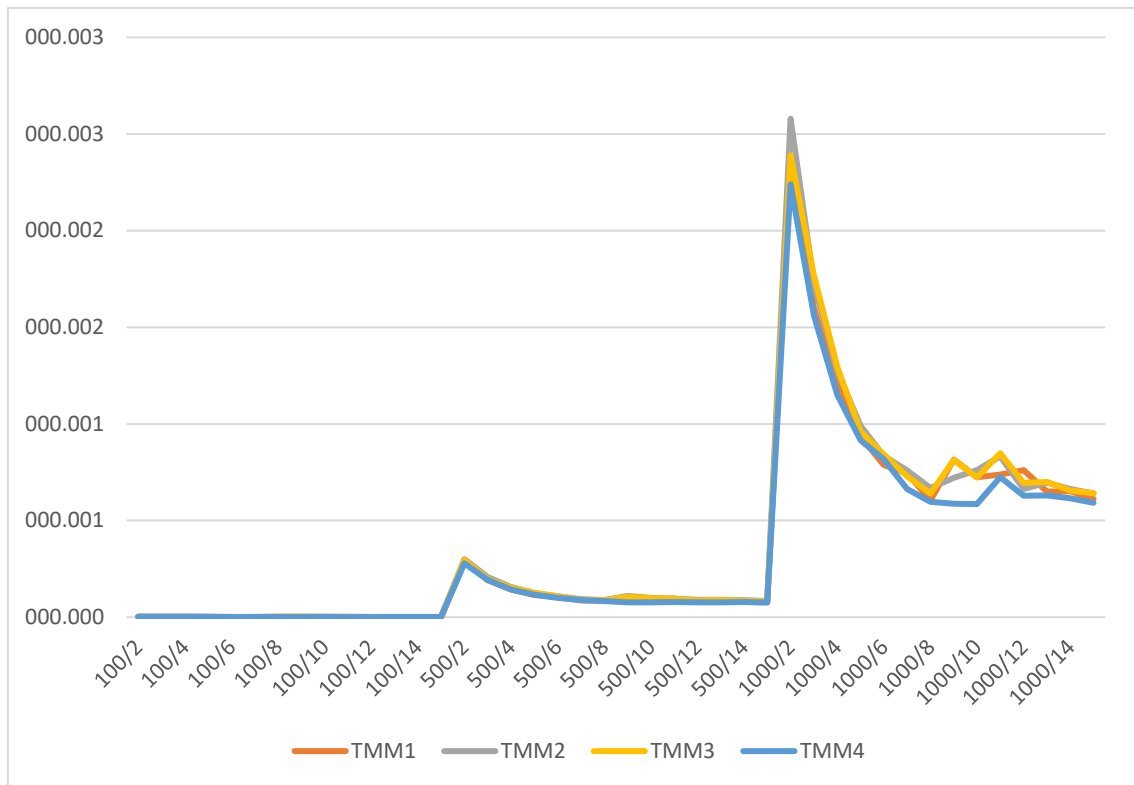


Figura 2 - Gráfico apenas com os mais bem-sucedidos para melhor visualização

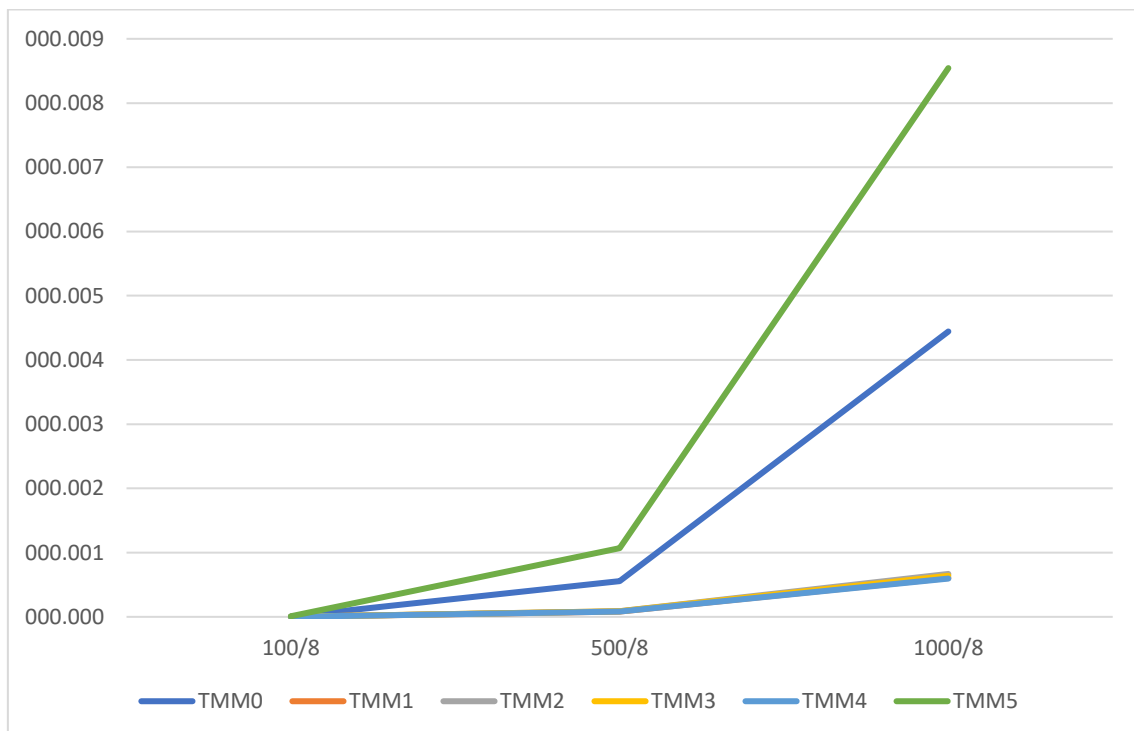


Figura 3 - Gráfico comparativo com 8 threads

TMM5 e TMM6, devido ao elevado overhead apresenta valores superiores a execução sequencial. Isso demonstra como é importante que o programador saiba o que está fazendo,

pois uma má implementação com threads, além de utilizar muito recurso, pode vir a ser mais demorada.

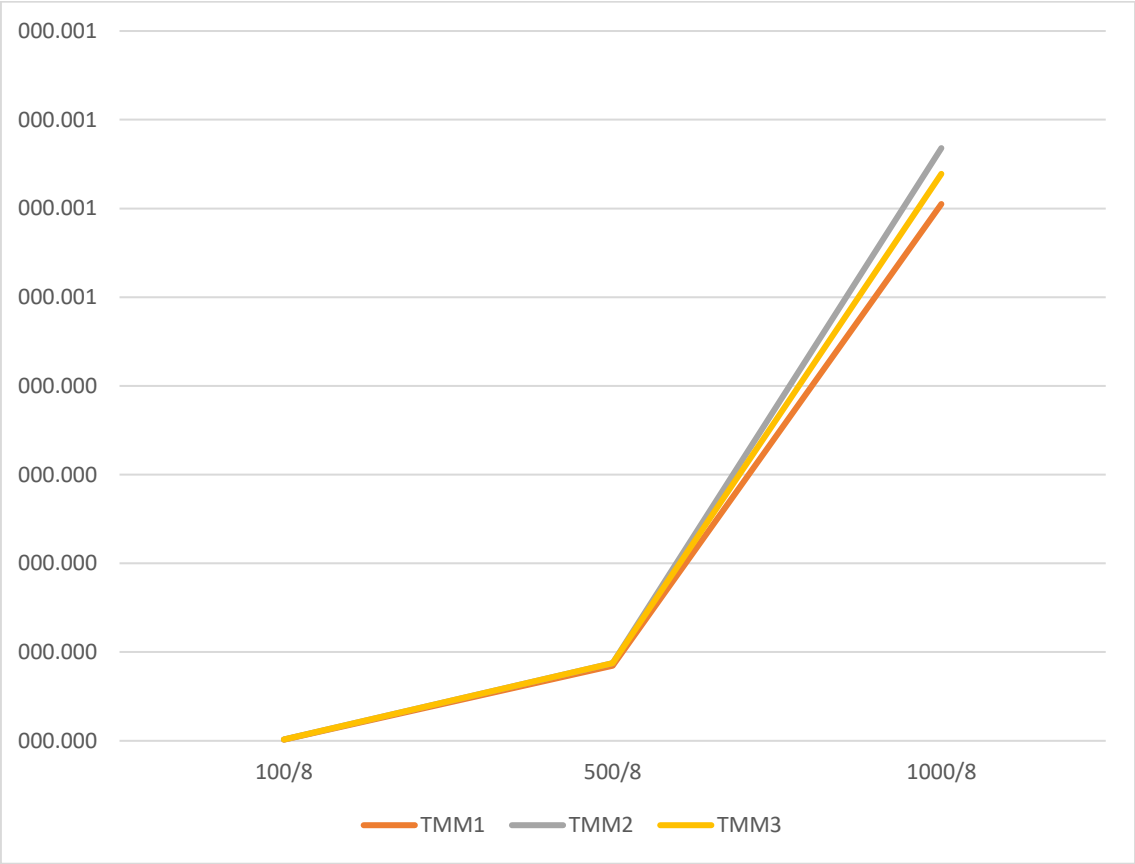


Figura 4 - Comparativo de 8 threads com os mais performáticos

Soma dos resultados de uma matriz

Na porção de soma, existem três configurações para as quais foi realizado um banchmark comparativo:

TS0: Sequencial

TS1: omp parallel for reduction (+:sum) collapse(2)

TS3: omp parallel for reduction (+:sum) collapse(2) // Com área crítica utilizando variável global

Tabela 2 – Resultados do banchmark da soma

Sum		Tempo da soma			
Tamanho	Threads	tamanho/thread	TS0	TS1	TS2
100	2	100/2	0.00000	0.00000	0.00000
100	3	100/3	0.00000	0.00000	0.00100
100	4	100/4	0.00000	0.00000	0.00100
100	5	100/5	0.00000	0.00000	0.00100
100	6	100/6	0.00000	0.00000	0.00100
100	7	100/7	0.00000	0.00000	0.00100

100	8	100/8	0.00000	0.00000	0.00100
100	9	100/9	0.00000	0.00000	0.00100
100	10	100/10	0.00000	0.00000	0.00100
100	11	100/11	0.00000	0.00000	0.00200
100	12	100/12	0.00000	0.00000	0.00200
100	13	100/13	0.00000	0.00000	0.00100
100	14	100/14	0.00000	0.00000	0.00200
100	15	100/15	0.00000	0.00000	0.00200
500	2	500/2	0.00100	0.00100	0.02100
500	3	500/3	0.00100	0.00000	0.01600
500	4	500/4	0.00100	0.00000	0.01600
500	5	500/5	0.00100	0.00000	0.01700
500	6	500/6	0.00100	0.00000	0.02100
500	7	500/7	0.00100	0.00100	0.02100
500	8	500/8	0.00100	0.00100	0.02200
500	9	500/9	0.00100	0.00000	0.03100
500	10	500/10	0.00100	0.00100	0.03800
500	11	500/11	0.00100	0.00000	0.03800
500	12	500/12	0.00100	0.00100	0.04600
500	13	500/13	0.00100	0.00100	0.04600
500	14	500/14	0.00100	0.00000	0.05000
500	15	500/15	0.00100	0.00000	0.03900
1000	2	1000/2	0.00500	0.00300	0.08900
1000	3	1000/3	0.00500	0.00200	0.06300
1000	4	1000/4	0.00500	0.00100	0.06200
1000	5	1000/5	0.00500	0.00100	0.07400
1000	6	1000/6	0.00500	0.00100	0.09400
1000	7	1000/7	0.00500	0.00100	0.11000
1000	8	1000/8	0.00500	0.00000	0.12400
1000	9	1000/9	0.00500	0.00100	0.16600
1000	10	1000/10	0.00500	0.00100	0.16600
1000	11	1000/11	0.00500	0.00100	0.18700
1000	12	1000/12	0.00500	0.00100	0.17800
1000	13	1000/13	0.00500	0.00000	0.17900
1000	14	1000/14	0.00500	0.00000	0.16100
1000	15	1000/15	0.00500	0.00100	0.19900

Comparando TS0 (sequencial) com TS1, percebe-se que mesmo com grande volume de dados, TS1 manteve tempos muito baixos (Figura 5). E mesmo quando comparado com TS2 que apresenta dependência, TS2 é muito mais rápida.

Em relação a área crítica, percebe-se que esta afeta bastante a performance comparando TS2 com TS1 (Figura 6).

Abaixo temos algumas comparações gráficas para melhor visualização dos dados.

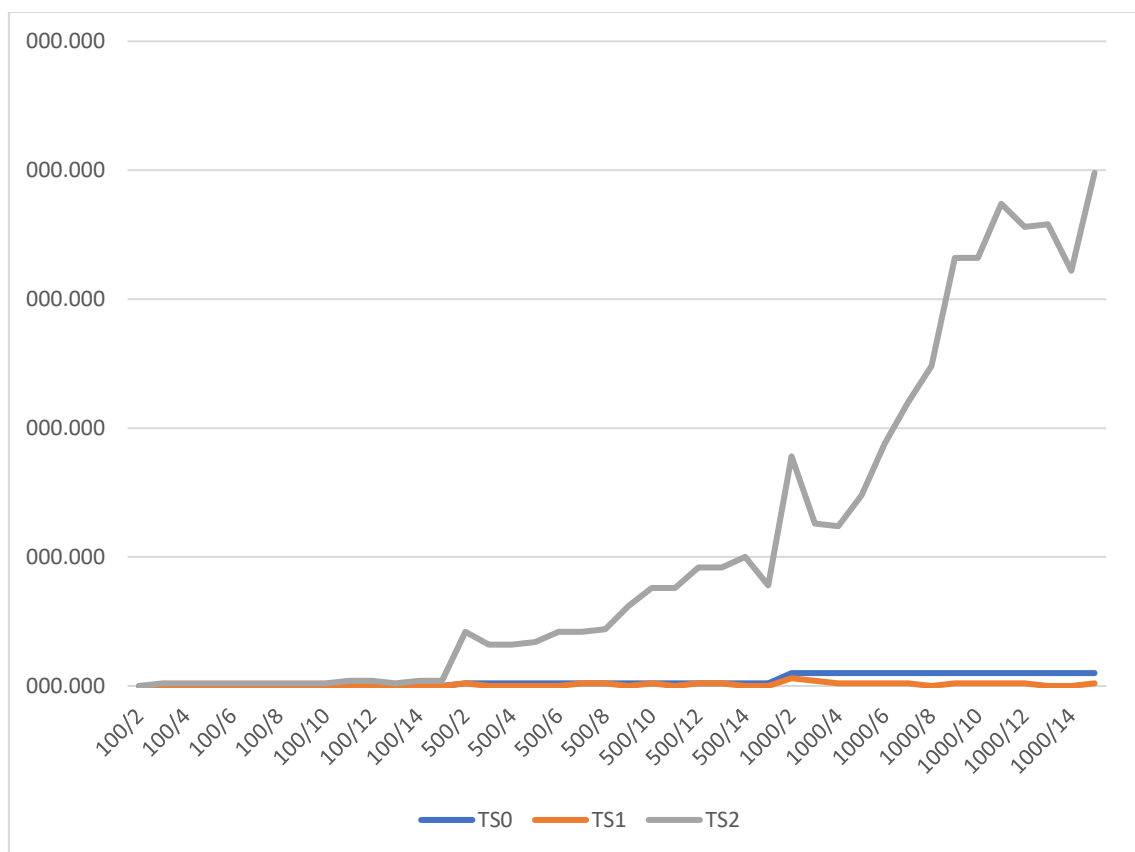


Figura 5 - Gráfico comparativo de todos os dados da adição

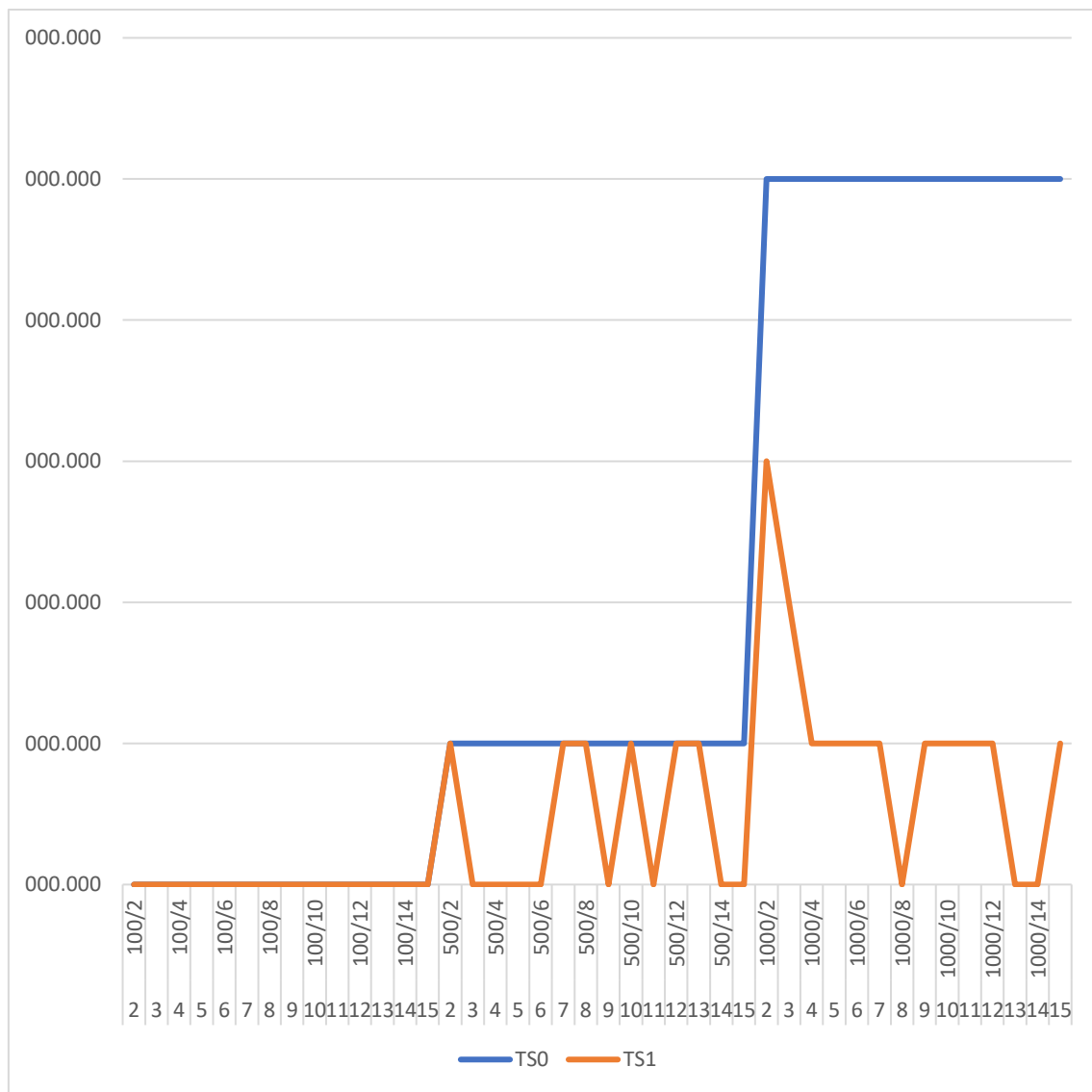


Figura 6 - Gráfico comparativo entre TS1 e TS2

No caso deste último gráfico, as medições de TS1 apresentam ruído por serem muito baixas, mas percebe-se a diferença mesmo assim. TS0 aumenta consideravelmente conforme aumentam os dados, e TS1 tem um aumento de tempo pouco perceptível para uma matriz quadrada de 1000.