

Relatório de Avaliação de Desempenho

Luiz E. Cavaleiro¹, Ricardo N. Miyata¹

¹Departamento de Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba – PR – Brasil

lec14@inf.ufpr.br, rnml6@inf.ufpr.br

Resumo. *Este relatório busca apresentar a metodologia usada para medição do desempenho, tais como, os critérios usados para determinar a melhoria ou piora do programa segundo sua execução em baixo nível de análise e seus respectivos resultados, usando auxílio da ferramenta LIKWID.*

1. Introdução

Foi desenvolvido um código C para simular computacionalmente o método de Gauss Seidel, junto ao cálculo da norma L2, buscando, por iterações sucessivas limitadas em um número de iterações passado, a convergência dos valores de uma malha quadrada de valores com tamanho máximo $\pi \times \pi$, informando nos eixos da abscissa e ordenada o número de pontos em cada uma delas.

Para medir o desempenho, utilizou-se da ferramenta LIKWID, uma biblioteca para medição de desempenho sob obtenção de valores dos registradores existentes nos processadores para análise de desempenho.

Foram desenvolvidos códigos na linguagem C, equivalentes aos métodos supracitados descritos, em uma versão preliminar e esta obteve resultados satisfatórios quanto à convergência e os valores resultantes. Buscando otimizar o código para uma possível melhora e/ ou aumento no desempenho durante a execução para grandes valores de pontos na malha foram testados os métodos de loop unrolling, compilação com a opção -O3, alocação de memória alinhada, tentativa do uso do registrador AVX, retirada de cláusulas ifs dentro de grandes loops em uma segunda versão.

2. Conceitos Básicos

2.1. LIKWID

O LIKWID é uma ferramenta (biblioteca) simples de instalar e usar, funcionando sobre linhas de comando, possui foco para programadores orientados ao desempenho. Ele funciona nos processadores Intel, AMD, ARMv8 e POWER9 em sistema operacional Linux. Existe suporte para ARMv7 e POWER8, mas atualmente não existe uma máquina apropriada para estes testes [3].

2.2. Gauss Seidel

Na álgebra linear numérica, o método de Gauss Seidel, também conhecido como método de Liebmann ou método de deslocamento sucessivo, é um método iterativo usado para resolver um sistema linear de equações. É nomeado após os matemáticos alemães Carl Friedrich Gauss e Philipp Ludwig von Seidel e é semelhante ao método Jacobi. Embora possa ser aplicada a qualquer matriz com elementos diferentes de zero nas diagonais, a convergência só é garantida se a matriz for diagonalmente dominante ou definida simétrica e positiva [1].

2.3. Norma L2

A norma L2, também conhecida como norma euclidiana, é a distância mais curta para ir de um ponto a outro, isto é, a rota mais direta. Uma consideração que se deve tomar com a norma L2 é que cada componente do vetor é quadrado, ou seja, os "outliers" têm mais peso para que possam distorcer os resultados [2].

3. Processador e Máquina Utilizados

3.1. HP EliteDesk - Intel(R) Core(TM) i5-7500 CPU @ 3.40GHz

O primeiro gráfico mostra o desempenho relativo da CPU em comparação com as outras 10 CPUs comuns (únicas) em termos de marca de CPU do PassMark.

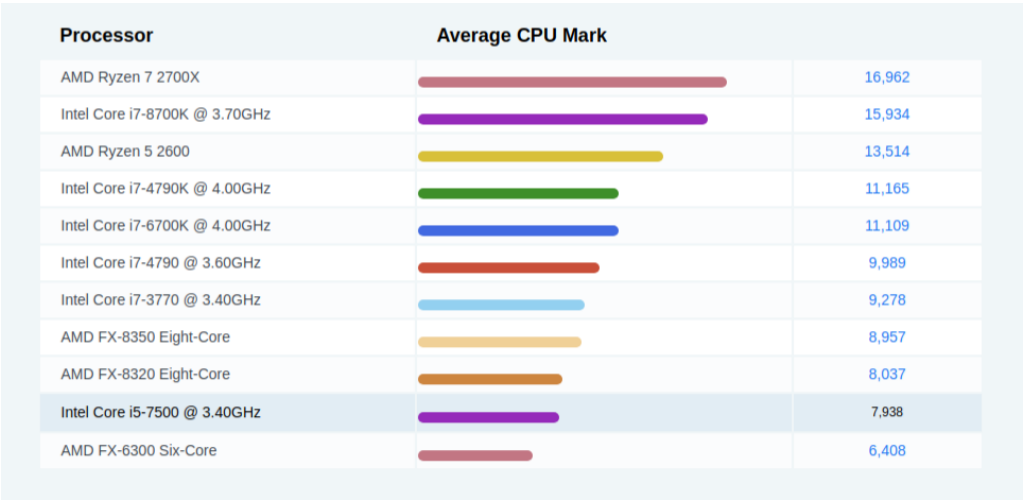


Figura 1. Desempenho Relativo da CPU

O segundo gráfico mostra a relação custo/ benefício, em termos de CPU Mark por dólar.

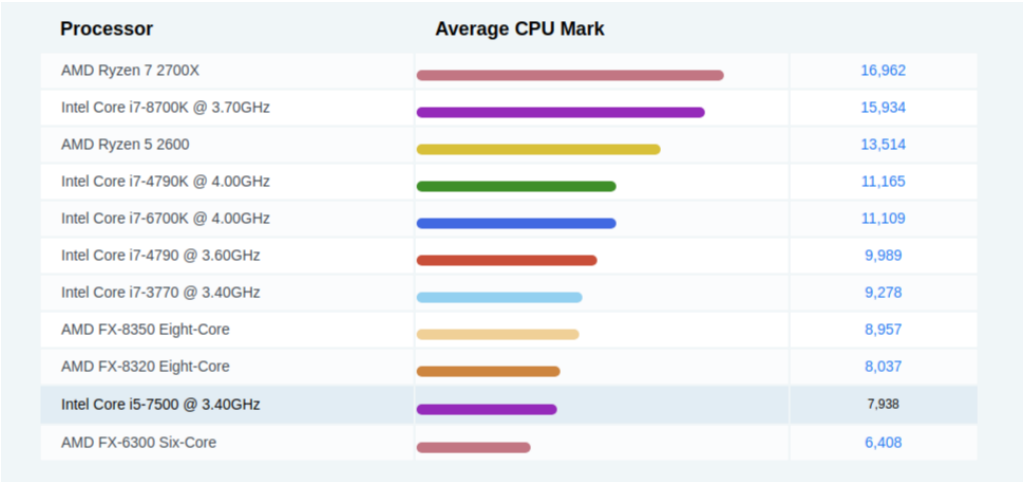


Figura 2. Relação Custo/ Benefício

Os dados do histórico de preços mostram o preço de um único processador [4].

4. Testes Realizados

4.1. Teste 1: Versão preliminar

4.1.1. Resultado - Malha Gráfica

Neste, o foco foi conseguir, dados a malha de tamanho $\pi \times \pi$, o número de pontos de cada eixo da malha, com que a função obtida convirja a um valor, resultando em uma malha em três dimensões com ondulações elípticas.

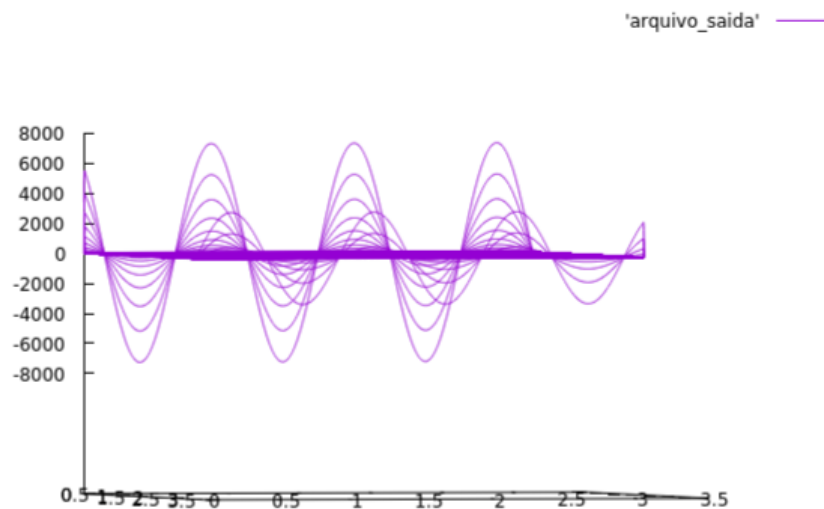


Figura 3. Representação Gráfica do Método de Gauss

4.1.2. Função Gauss Seidel

Existem duas principais funções (Gauss Seidel e Norma L2) de maior tempo de execução e processamento. O método de Gauss busca convergir a solução, passando como argumentos a estrutura do sistema linear e o número máximo de iterações.

Listing 1. Código 1

```
void gaussSeidel(linearSystem *linSys, int it, FILE *output) {  
    for (int k = 0; k < it; k++) {  
        for (int i = 0; i < linSys->nx * linSys->ny; i++) {  
            ...  
        }  
  
        arrayL2Norm[k] = l2Norm(linSys);  
    }  
}
```

4.1.3. Função Norma L2

Enquanto que a Norma L2 é usada como complemento para encontrar a norma l2 do resíduo a cada iteração do método o de Gauss, passando apenas como argumento a estrutura do sistema linear.

Listing 2. Código 2

```
real_t l2Norm(linearSystem *linSys) {  
    for (int i = 0; i < linSys->nx * linSys->ny; i++) {  
        ...  
    }  
  
    ...  
  
    real_t result = 0.0;  
  
    for (int i = 0; i < linSys->nx * linSys->ny; i++) {  
        result += aux[i] * aux[i];  
    }  
  
    return sqrt(result);  
}
```

Esta versão preliminar possui desempenho não tão ruim para valores de pontos nos eixos da malha até 500, a partir disso, ela começa a tomar um pouco mais de tempo de processamento, não necessariamente por má projeção de código, pois este argumento é baseado apenas no tempo de execução.

Os resultados obtidos pelo LIKWID, não houve uso dos registradores AVX, isto possivelmente é um fator que caso usado, pode melhorar significativamente o desempenho da execução do código. Este resultado pode ser visto no gráfico abaixo.

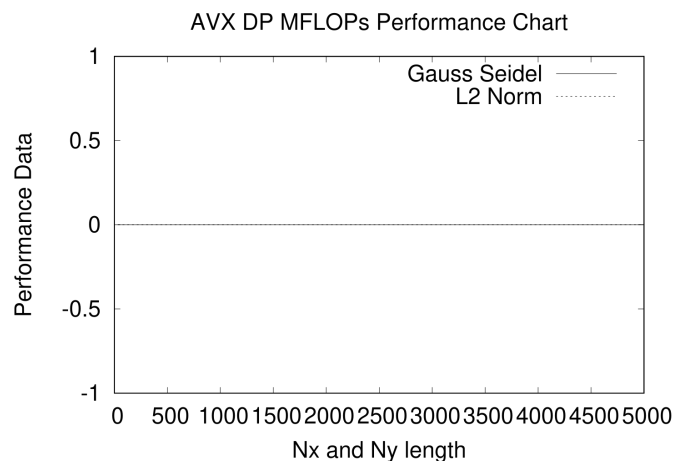


Figura 4. Gráfico de Reapresentação do uso de Registradores AVX

Quanto as operações aritméticas DP FLOPS, o LIKWID retornou números que podem ser notado um relativo padrão de comportamento e estabilidade após um certo tamanho referente à quantidade de pontos na malha em seus eixos.

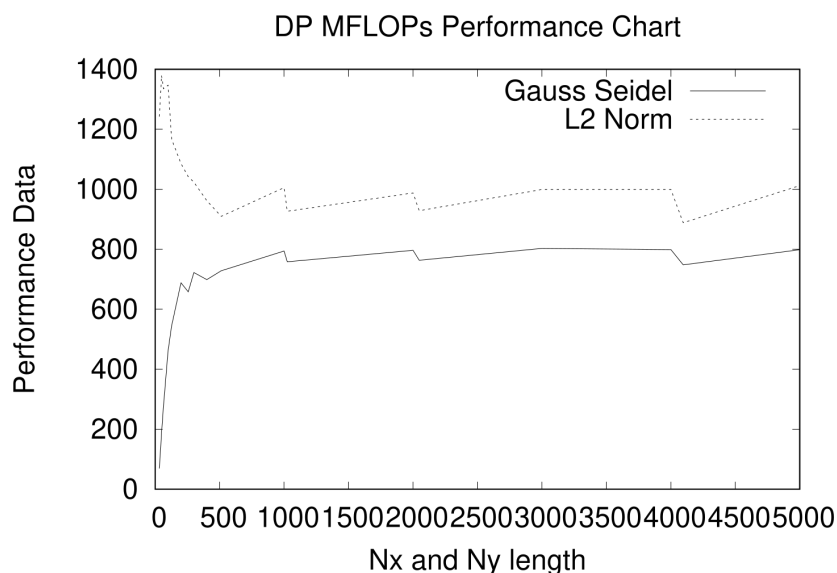


Figura 5. Número de Operações Aritméticas DP FLOPS

Os resultados obtidos do cache miss L2 mostra que existe relativa instabilidade no código que pode ser possivelmente por alinhamento de memória referente aos vetores de diagonais da matriz pentadiagonal.

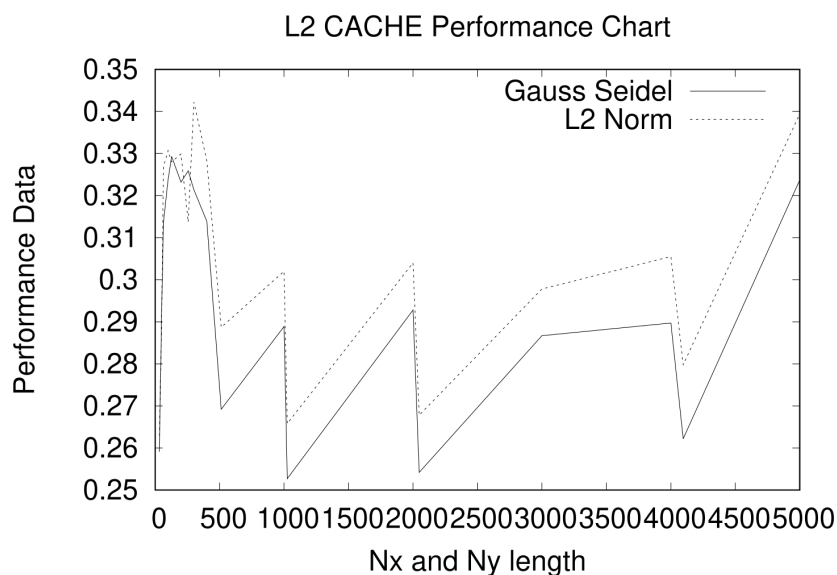


Figura 6. Número de Cache Miss na L2

O gráfico da banda de memória do grupo L3 nos mostra que há aproximação dos valores com o aumento do numero de pontos na malha, embora este ainda seja relativamente instável como pode ser visto abaixo.

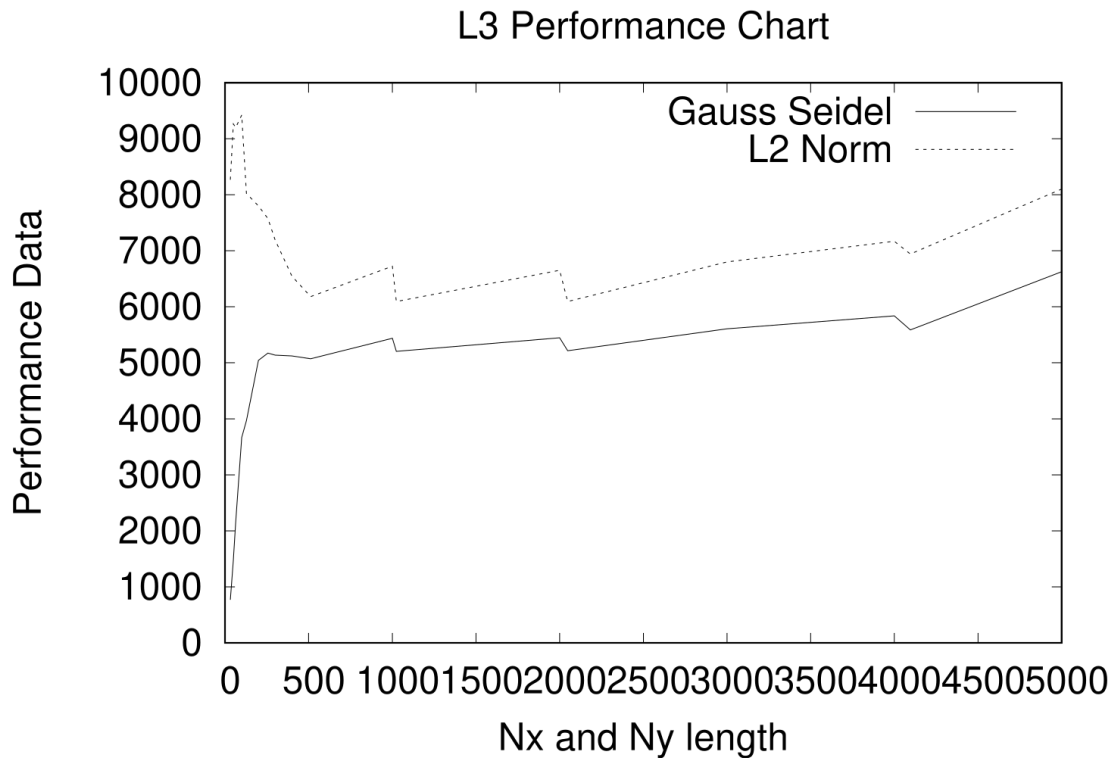


Figura 7. Banda de Memória do Grupo L3

4.2. Teste 2: Versão Otimizada

Neste teste...

5. Resultados Gerais Obtidos

...

6. Considerações Finais

...

Referências

- [1] Wikipedia contributors. Gauss–seidel method, 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Gauss-Seidel_method.
- [2] Sara Iris Garcia. L0 norm, l1 norm, l2 norm l-infinity norm, 2019. <https://medium.com/@montjoile/l0-norm-l1-norm-l2-norm-l-infinity-norm-7a7d18a4f40c>.
- [3] BMBF Germany. Likwid, 2019. <https://github.com/RRZE-HPC/likwid>.
- [4] PassMark. Cpu benchmarks, 2019. <https://www.cpubenchmark.net/cpu.php?cpu=Intel+Core+i5-7500+%40+3.40GHz&id=2910>.