

Relatório Trabalho Final - Problema da mochila (Knapsack Problem)

Alunos:

- Arthur Fernandes Ribeiro Costa - 11911BCC059
- Kemuel Santos Peres - 11811BCC035

Informações

Linguagem escolhida para implementação foi **C++** devido ser bem rápida.

Acesso ao código: <https://github.com/artfrc/AnaliseAlgoritmos>

Arquivos de entrada

Os arquivos de entrada foram divididos entre dois tipos:

1. Entradas simples (pequenas): feito para testar o algoritmo e verificar se está devolvendo o resultado certo.
2. Entradas grandes: feito para testar a eficiência do algoritmo.

Os exemplos de **entradas simples** foram retirados da internet. Abaixo estão os *prints* e *links* com as respostas de cada entrada:

- Entradas 1 e 2:

```
Example:

Input: N = 3, W = 4
values[] = {1,2,3}
weight[] = {4,5,1}
Output: 3

Input: N = 3, W = 3
values[] = {1,2,3}
weight[] = {4,5,6}
Output: 0
```

Link do site: <https://www.geeksforgeeks.org/0-1-knapsack-problem-dp-10/>

- Entrada 3:

For example, there are 10 different items and the weight limit is 67. So,

$$w[1] = 23, w[2] = 26, w[3] = 20, w[4] = 18, w[5] = 32, w[6] = 27, w[7] = 29, w[8] = 26, w[9] = 30, w[10] = 27$$
$$v[1] = 505, v[2] = 352, v[3] = 458, v[4] = 220, v[5] = 354, v[6] = 414, v[7] = 498, v[8] = 545, v[9] = 473, v[10] = 543$$

If you use above method to compute for $m(10, 67)$, you will get this, excluding calls that produce $m(i, j) = 0$:

$$m(10, 67) = 1270$$

Link do site: https://en.wikipedia.org/wiki/Knapsack_problem

- Entrada 4:

Sample Input 1

```
4 5
4 2
5 2
2 1
8 3
```

Sample Output 1

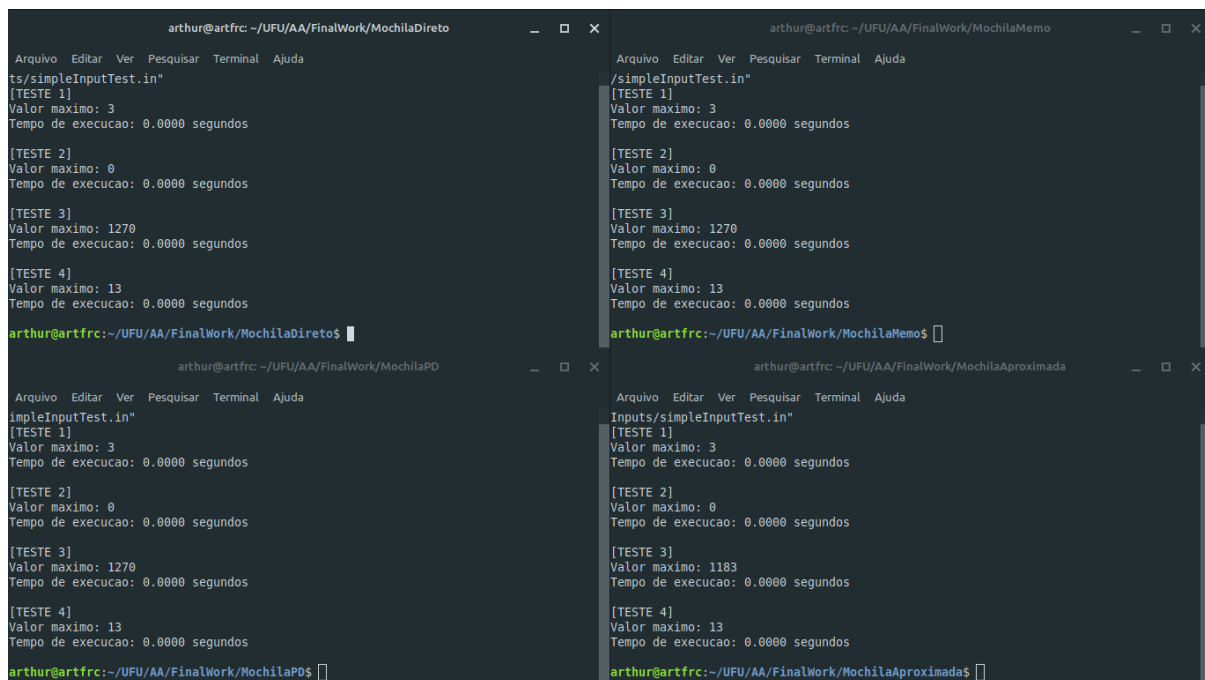
```
13
```

Link do site: https://judge.u-aizu.ac.jp/onlinejudge/description.jsp?id=DPL_1_B

Testes de Corretude

Abaixo está o *print* dos resultados de cada uma das implementações. (arquivo com entradas simples)

Lembrando que os *links* com os resultados de cada teste está no tópico “**Arquivos de entrada**”, que está localizado mais acima da página.



```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
ts/simpleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 3]
Valor maximo: 1270
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
/simpleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 3]
Valor maximo: 1270
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
impleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 3]
Valor maximo: 1270
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
Inputs/simpleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

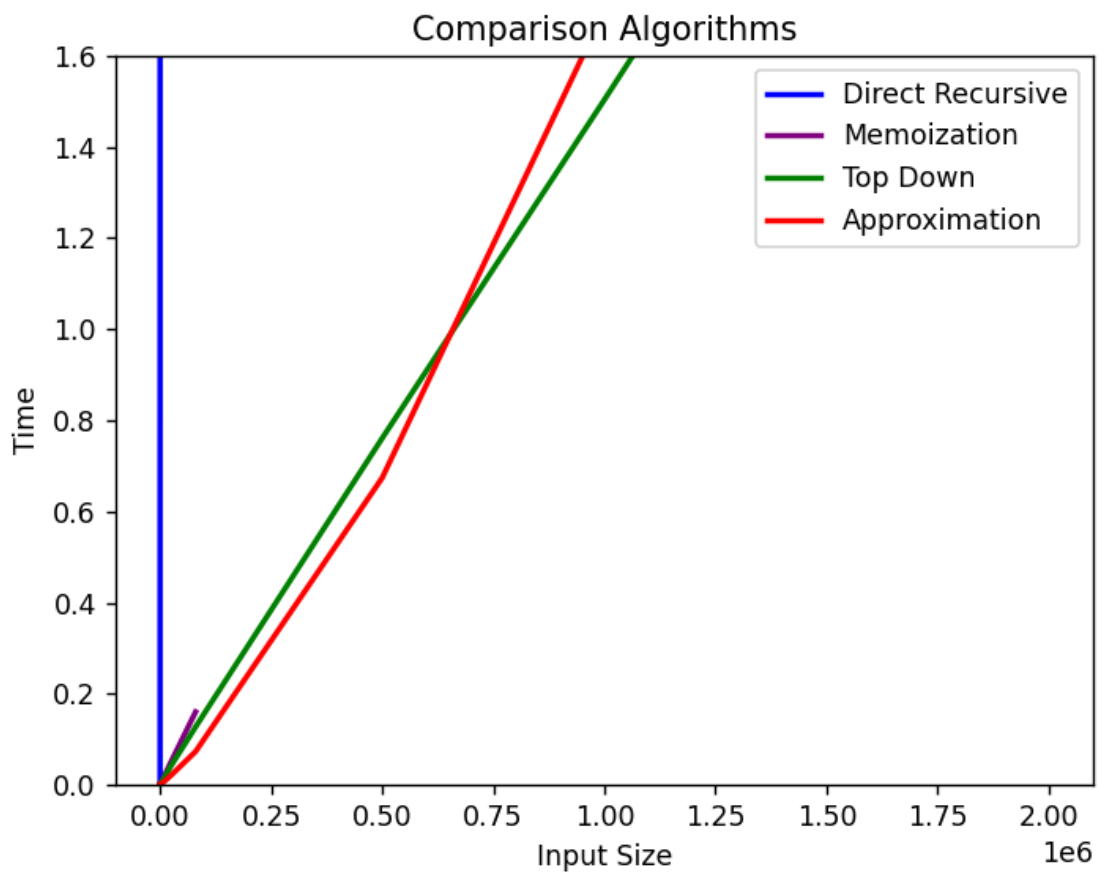
[TESTE 3]
Valor maximo: 1183
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

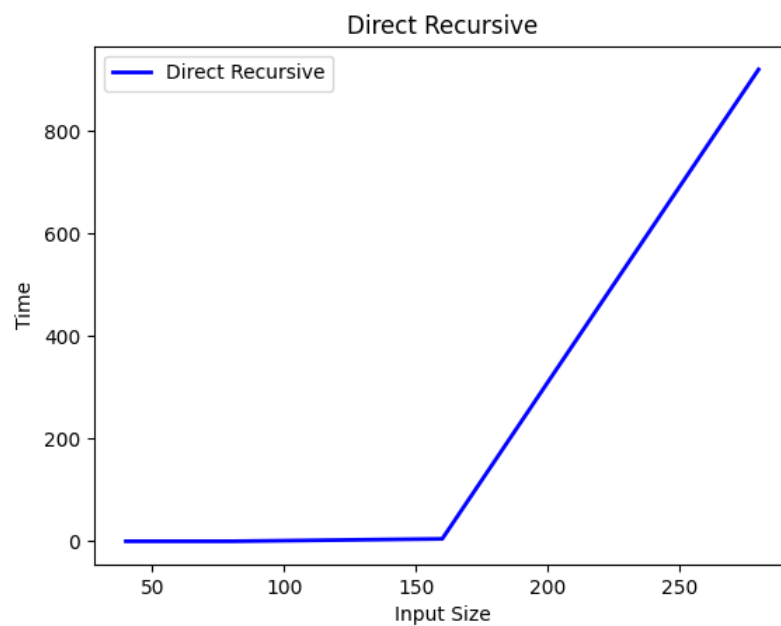
Análises

Observações:

1. A menor entrada foi de tamanho 40 e a maior entrada foi de tamanho 2.000.000.
2. O tempo do gráfico é em **segundos**.
3. Cada algoritmo teve seu limite.



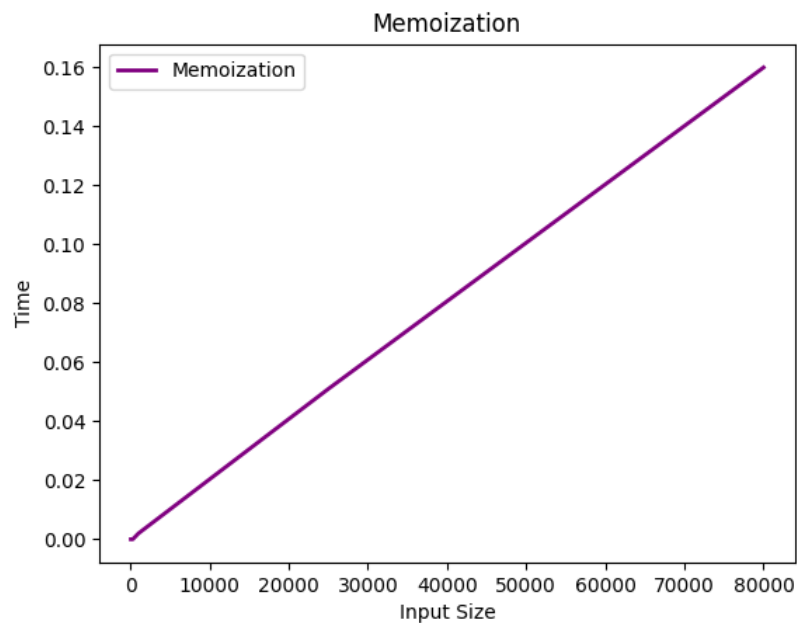
Este gráfico é uma visão mais geral. A partir dele podemos ver a diferença de eficiência entre os algoritmos. Note que tanto o algoritmo **Direct Recursive** e **Memoization** tiveram o limite de entrada bem baixo.



Este gráfico é para mostrar a limitação do algoritmo **Direct Recursive**.

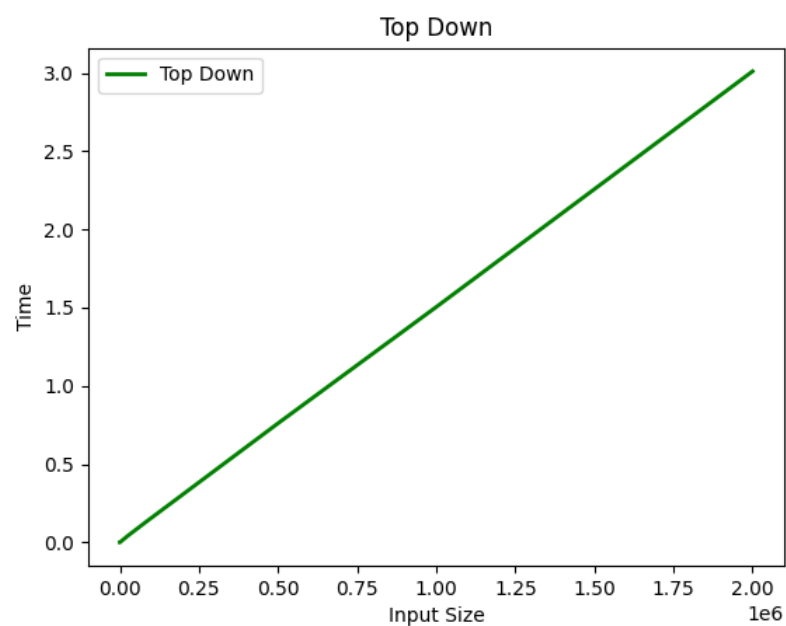
O tamanho da entrada não chegou em 300 e o algoritmo já não rodava mais, ou seja, algoritmo extremamente ineficiente em questão de tempo.

Note que demorou mais de 800 segundos na maior entrada testada.



Este gráfico é para mostrar a limitação do algoritmo **Memoization**.

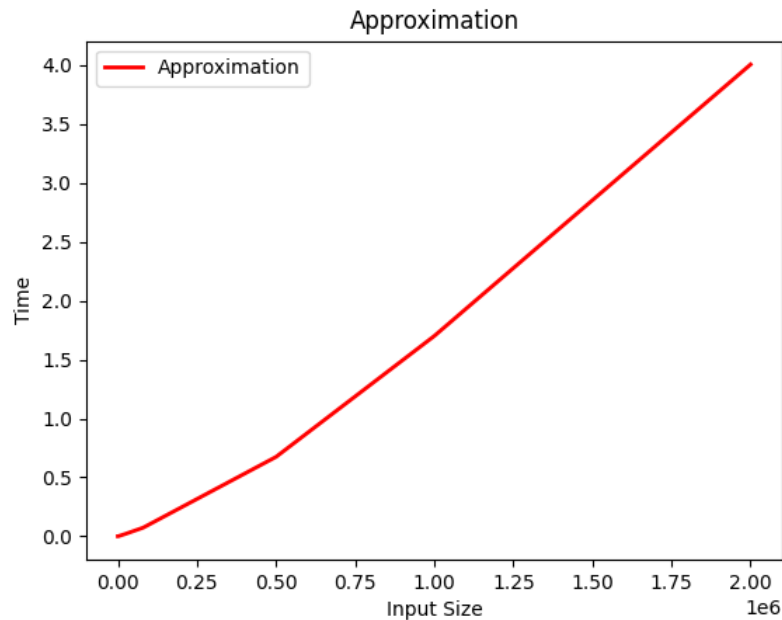
O tamanho da entrada não chegou em 100000 e o algoritmo já não rodava mais. Porém foi por questão de memória.



Este gráfico é para mostrar a limitação do algoritmo **Top Down**.

Dentre todos os algoritmos, esse se mostrou o que, com grandes entradas, conseguiu um bom desempenho, tendo o menor tempo com 2000000 de entradas.

Note que ele foi o único que suportou essa entrada.



Este gráfico é para mostrar a limitação do algoritmo **Approximation**.

Esse se mostrou bastante eficiente, porém com grandes entradas já teve um tempo considerável,

Conclusões

1. O algoritmo **Recursivo Direto** além de lento, ele consome muita memória.
2. Comparando **Recursivo Direto**, **Memoization** e **Top Down**, o que mostrou melhor resultado foi o Top Down. Tanto em velocidade e memória ele acabou sendo mais eficiente.
3. O algoritmo de **Aproximação** é extremamente eficiente, tanto em questão de memória e eficiência. Porém seu problema é que ele não fornece uma resposta 100% precisa em todos os casos teste. A implementação dele é bem menos complexa do que o algoritmo **Top Down**. Comparando os algoritmos de **Aproximação** e **Top Down**, no intervalo de 800000 - 1000000 tamanho da entrada, o algoritmo **Top Down** foi mais eficiente, porém acima de 1000000 o algoritmo não roda mais por conta de consumir muita memória, porém se não fosse isso continuaria bastante eficiente em questão de velocidade. Logo, o algoritmo de **Aproximação** acaba sendo melhor para entradas extremamente grandes, mesmo não sendo 100% preciso.

Prints dos testes

- Entrada 40

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2366
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2366
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2366
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2366
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 80

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2872
Tempo de execucao: 0.0070 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2872
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2872
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2729
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 160

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4606
Tempo de execucao: 4.6800 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4606
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4606
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4598
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 280

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5493
Tempo de execucao: 920.8470 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5493
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5493
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5438
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

O algoritmo Recursivo Direto não rodava com uma entrada maior que 280, por isso ele não estará nos próximos testes.

- Entrada 1000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 8864
Tempo de execucao: 0.0020 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 8864
Tempo de execucao: 0.0020 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 8864
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 25000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 28157
Tempo de execucao: 0.0510 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 28157
Tempo de execucao: 0.0420 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 28157
Tempo de execucao: 0.0210 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 80000

The image shows three terminal windows side-by-side, each displaying the execution of a C++ program. The windows are titled 'MochilaMemo', 'MochilaPD', and 'MochilaAproximada'. Each window shows the command to compile and run the program with a specific input file, followed by the output of the program. The output for all three variants is identical: '[TESTE 1]', 'Valor maximo: 29093', and 'Tempo de execucao: 0.1600 segundos' for Memo, '0.1270 segundos' for PD, and '0.0730 segundos' for Aproximada.

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29093
Tempo de execucao: 0.1600 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29093
Tempo de execucao: 0.1270 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29093
Tempo de execucao: 0.0730 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

O algoritmo Memoization não rodava com uma entrada maior que 80000, por isso ele não estará nos próximos testes.

- Entrada 500000

The image shows two terminal windows side-by-side, each displaying the execution of a C++ program. The windows are titled 'MochilaPD' and 'MochilaAproximada'. Each window shows the command to compile and run the program with a specific input file, followed by the output of the program. The output for both variants is identical: '[TESTE 1]', 'Valor maximo: 29909', and 'Tempo de execucao: 0.7610 segundos' for PD, and '0.6740 segundos' for Aproximada.

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29909
Tempo de execucao: 0.7610 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29909
Tempo de execucao: 0.6740 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 1000000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29985
Tempo de execucao: 1.5040 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29985
Tempo de execucao: 1.7000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 2000000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29998
Tempo de execucao: 3.0100 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29998
Tempo de execucao: 4.0060 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```