Atividade Prática – AVL x Rubro Negra

Grupo: Tiago de Figueiredo Reis – 2023009225

Caio Mendes Ribeiro da Rosa – 2023002135

Os testes foram executados em um notebook Dell G3 15 com processador i7 9750H, 16GB RAM, sistema operacional Windows 11 e na IDE Clion, com compilador gcc 6.3.0.

A implementação das árvores está disponível no GitHub: [código](https://github.com/TiagoFigReis/AVL-x-Rubro-Negra)

1)

a) Realizando o benchmarking para inserção de 10000 valores ordenados crescentemente nas duas árvores, obteve-se os seguintes resultados.

AVL:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Entrada | Tempo (ms) | Quantidade de Rotações |
| 10000 | 1 | 9986 |

Rubro:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Entrada | Tempo (ms) | Quantidade de Rotações |
| 10000 | 2 | 9976 |

b) Realizando o benchmarking para remoção de 10000 valores ordenados crescentemente nas duas árvores, obteve-se os seguintes resultados.

AVL:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Entrada | Tempo (ms) | Quantidade de Rotações |
| 10000 | 1 | 4988 |

Rubro:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Entrada | Tempo (ms) | Quantidade de Rotações |
| 10000 | 1 | 4989 |

c) Realizando o benchmarking para a busca de 1000 valores ordenados crescentemente nas duas árvores, obteve-se os seguintes resultados.

AVL:

|  |  |
| --- | --- |
| Entrada | Tempo (ms) |
| 1000 | 1 |

Rubro:

|  |  |
| --- | --- |
| Entrada | Tempo (ms) |
| 1000 | 1 |

d) Na teoria, ambas as árvores apresentam complexidade assintótica igual a O (log n) para inserção, remoção e pesquisa, a AVL, por ser uma árvore com balanceamento mais rígido que a Rubro-Negra, deveria ser mais lenta na inserção e na remoção. Por outro lado, a AVL possui mais velocidade na busca de informações, pois como é uma arvore mais balanceada que a Rubro-Negra, sua altura é menor. Para uma melhor análise foram feitos alguns testes a mais em ambas as arvores.

AVL:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entrada** | **inserção-Tempo(ms)** | **Inserção-Rotações** |
| 10000 | 2 | 9986 |
| 50000 | 8 | 49984 |
| 100000 | 14 | 99983 |
| 250000 | 34 | 249982 |
| 500000 | 70 | 499981 |
| 750000 | 112 | 749980 |
| 1000000 | 143 | 999980 |
| 5000000 | 763 | 4999977 |
| 10000000 | 1581 | 9999976 |
| 25000000 | 4077 | 24999975 |
| 50000000 | 8340 | 49999974 |
| 100000000 | 17363 | 99999973 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entrada** | **Remoção-Tempo(ms)** | **Remoção-Rotação** |
| 10000 | 2 | 4988 |
| 50000 | 4 | 24985 |
| 100000 | 9 | 49984 |
| 250000 | 21 | 124983 |
| 500000 | 50 | 249982 |
| 750000 | 70 | 374982 |
| 1000000 | 94 | 499981 |
| 5000000 | 510 | 2499979 |
| 10000000 | 1057 | 4999978 |
| 25000000 | 2793 | 12499977 |
| 50000000 | 5877 | 24999976 |
| 100000000 | 13241 | 49999975 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Entrada-Busca** | **Busca-Tempo(ms)** |
| 5000 | 1 |
| 25000 | 5 |
| 50000 | 11 |
| 125000 | 23 |
| 250000 | 44 |
| 375000 | 68 |
| 500000 | 91 |
| 2500000 | 488 |
| 5000000 | 971 |
| 12500000 | 2419 |
| 25000000 | 5016 |
| 50000000 | 10310 |

Rubro-Negra:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Entrada** | **Inserção-Tempo(ms)** | | **Inserção-Rotações** | |
| 10000 | 2 | 9976 | |
| 50000 | 7 | 49971 | |
| 100000 | 16 | 99969 | |
| 250000 | 43 | 249967 | |
| 500000 | 94 | 499965 | |
| 750000 | 146 | 749964 | |
| 1000000 | 200 | 999963 | |
| 5000000 | 1119 | 4999958 | |
| 10000000 | 2340 | 9999956 | |
| 25000000 | 6304 | 24999954 | |
| 50000000 | 13521 | 49999952 | |
| 100000000 | 29517 | 99999950 | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Entrada** | **Remoção-Tempo(ms)** | **Remoção-Rotação** |
| 10000 | 1 | 4989 |
| 50000 | 5 | 24986 |
| 100000 | 10 | 49985 |
| 250000 | 26 | 124984 |
| 500000 | 51 | 249983 |
| 750000 | 78 | 374982 |
| 1000000 | 131 | 499982 |
| 5000000 | 581 | 2499980 |
| 10000000 | 1205 | 4999979 |
| 25000000 | 3133 | 12499977 |
| 50000000 | 6723 | 24999976 |
| 100000000 | 15003 | 49999975 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Entrada-Busca** | **Busca-Tempo(ms)** |
| 5000 | 2 |
| 25000 | 5 |
| 50000 | 9 |
| 125000 | 22 |
| 250000 | 45 |
| 375000 | 67 |
| 500000 | 89 |
| 2500000 | 462 |
| 5000000 | 943 |
| 12500000 | 2426 |
| 25000000 | 5072 |
| 50000000 | 11199 |

Então foram gerados os seguintes gráficos.

Após realização dos testes, verificou-se que a complexidade assintótica das arvores estão corretas em ambas as métricas (tempo e quantidade de rotações), apresentando uma reta característica de O (log n), porém, em relação ao tempo a Rubro-Negra que deveria ser melhor na inserção e remoção em relação à AVL, apresentou um desempenho bem abaixo do esperado e, na busca, a teoria coincidiu com os testes, com a AVL apresentando uma melhor eficiência. Com relação à quantidade de rotações na inserção, a Rubro-Negra realmente apresentou uma quantidade um pouco menor em relação à AVL e, na remoção a Rubro-Negra apresenta uma quantidade maior em uma unidade ou igual em relação a AVL.