MC-202
Escolhendo uma Estrutura de Dados

Rafael C. S. Schouery
rafael@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

2º semestre/2018

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)
  - Árvores Binárias de Busca

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)
  - Árvores Binárias de Busca
  - Árvores Rubro-Negras

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)
  - Árvores Binárias de Busca
  - Árvores Rubro-Negras
  - Árvores B

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)
  - Árvores Binárias de Busca
  - Árvores Rubro-Negras
  - Árvores B
- Hashing

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)
  - Árvores Binárias de Busca
  - Árvores Rubro-Negras
  - Árvores B
- Hashing
- Grafos

Durante o curso vimos várias EDs...

- Listas Ligadas
  - simples, duplas, circulares, com cabeça
- Pilhas e Filas
- Árvores
  - Heaps Binários (fila de prioridade)
  - Árvores Binárias de Busca
  - Árvores Rubro-Negras
  - Árvores B
- Hashing
- Grafos

Qual delas usar?

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

É comum termos que usar essas EDs em algoritmos

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

É comum termos que usar essas EDs em algoritmos

- Ex: Conversão de notação infixa para pós-fixa

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

É comum termos que usar essas EDs em algoritmos

- Ex: Conversão de notação infixa para pós-fixa
- Ex: Percurso em Largura em Árvores

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

É comum termos que usar essas EDs em algoritmos

- Ex: Conversão de notação infixa para pós-fixa
- Ex: Percurso em Largura em Árvores
- Ex: Caminhos mínimos

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

É comum termos que usar essas EDs em algoritmos

- Ex: Conversão de notação infixa para pós-fixa
- Ex: Percurso em Largura em Árvores
- Ex: Caminhos mínimos

Isto é, a necessidade faz com que usemos a ED

Estruturas de Dados Específicas

Algumas das EDs que vimos servem para tarefas específicas

- Grafos são usados quando há relações entre itens
  - Ex: rede social, ordem de tarefas, caminho mínimo
- Pilhas e Filas:
  - remoção acontece de acordo com a ordem de inserção
- Filas de Prioridade:
  - remoção acontece de acordo com a prioridade

É comum termos que usar essas EDs em algoritmos

- Ex: Conversão de notação infixa para pós-fixa
- Ex: Percurso em Largura em Árvores
- Ex: Caminhos mínimos

Isto é, a necessidade faz com que usemos a ED

- Não tem muito o que escolher...

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

- Vetores

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

- Vetores
- Listas Ligadas

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

- Vetores
- Listas Ligadas
- Árvores

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

- Vetores
- Listas Ligadas
- Árvores
- Hashing

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

- Vetores
- Listas Ligadas
- Árvores
- Hashing

Existe uma estrutura que é melhor do que as outras?

EDs com Inserção, Remoção e Busca

Outras EDs têm um conjunto de operações em comum

- Vetores
- Listas Ligadas
- Árvores
- Hashing

Existe uma estrutura que é melhor do que as outras?

- Não de maneira geral...

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

- hash e estruturas não ordenadas não são boas opções

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

- hash e estruturas não ordenadas não são boas opções

Preciso remover com frequência elementos usando a chave

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

- hash e estruturas não ordenadas não são boas opções

Preciso remover com frequência elementos usando a chave

- vetores ordenados e listas ligadas não são boas opções

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

- hash e estruturas não ordenadas não são boas opções

Preciso remover com frequência elementos usando a chave

- vetores ordenados e listas ligadas não são boas opções

ABBs balanceadas são sempre boas opções

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

- hash e estruturas não ordenadas não são boas opções

Preciso remover com frequência elementos usando a chave

- vetores ordenados e listas ligadas não são boas opções

ABBs balanceadas são sempre boas opções

- Suportam um grande número de operações em $\mathrm{O}(\lg n)$

Como escolher?

Precisamos ver quais operações são necessárias

- E qual a frequência de cada operação...

Quero fazer buscas frequentes usando uma chave

- vetores não ordenados e listas não são boas opções

Faço operações frequentes que dependem de ordem

- hash e estruturas não ordenadas não são boas opções

Preciso remover com frequência elementos usando a chave

- vetores ordenados e listas ligadas não são boas opções

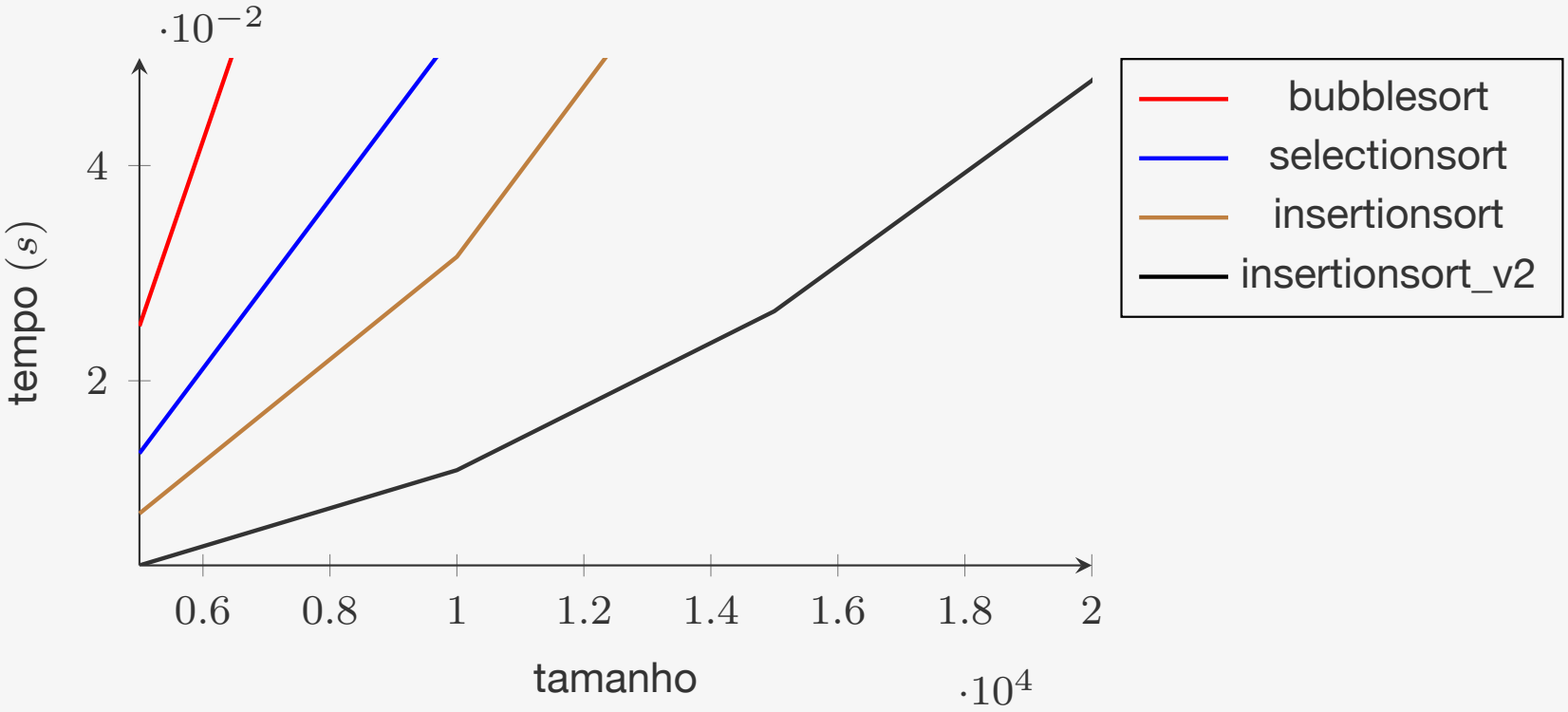
ABBs balanceadas são sempre boas opções

- Suportam um grande número de operações em $\mathrm{O}(\lg n)$
- Mas nem sempre são a melhor opção...

Análise de tempo

Relembrando:

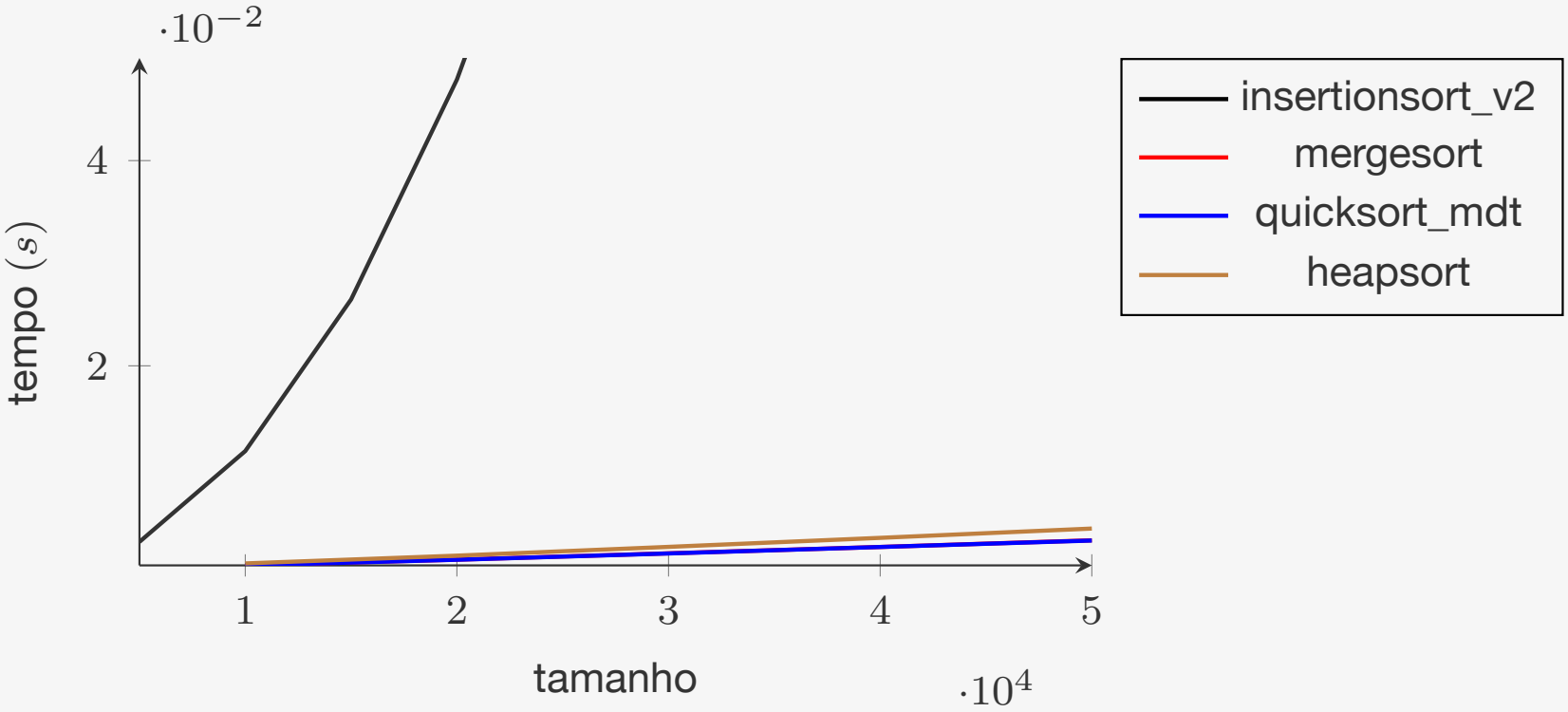
- Algoritmo $\mathrm{O}(n^2)$ pode ser mais rápido do que outro $\mathrm{O}(n^2)$
- Otimizações no código levam a programas mais rápidos
- A escolha do algoritmo é o principal fator de impacto



Análise de tempo

Relembrando:

- Algoritmo $\mathrm{O}(n^2)$ pode ser mais rápido do que outro $\mathrm{O}(n^2)$
- Otimizações no código levam a programas mais rápidos
- A escolha do algoritmo é o principal fator de impacto
  - Algoritmo $\mathrm{O}(n \lg n)$ vs. $\mathrm{O}(n^2)$



Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados
  - Tempo de execução diferente para a mesma instância

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados
  - Tempo de execução diferente para a mesma instância

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ amortizado

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados
  - Tempo de execução diferente para a mesma instância

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ amortizado

- A média das operações realizadas tem custo $\mathrm{O}(f(n))$

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados
  - Tempo de execução diferente para a mesma instância

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ amortizado

- A média das operações realizadas tem custo $\mathrm{O}(f(n))$
- Operações mais lentas compensadas por mais rápidas

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados
  - Tempo de execução diferente para a mesma instância

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ amortizado

- A média das operações realizadas tem custo $\mathrm{O}(f(n))$
- Operações mais lentas compensadas por mais rápidas

Análise empírica:

Tipos de Análise de Tempo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no pior caso

- Dá uma certeza sobre a qualidade do algoritmo

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ no caso médio

- Podendo ser melhor ou pior para uma instância específica
  - Bom se você espera que as instâncias sejam aleatórias
- A média pode ser em relação aos bits aleatórios usados
  - Tempo de execução diferente para a mesma instância

Algoritmo é $\mathrm{O}(f(n))$ amortizado

- A média das operações realizadas tem custo $\mathrm{O}(f(n))$
- Operações mais lentas compensadas por mais rápidas

Análise empírica:

- Análise estatística do tempo de execução do algoritmo

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

- Considerando permutações aleatória de n chaves

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

- Considerando permutações aleatória de n chaves
- Versão aleatorizada tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

- Considerando permutações aleatória de n chaves
- Versão aleatorizada tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$
  - Média na altura em relação as execuções

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

- Considerando permutações aleatória de n chaves
- Versão aleatorizada tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$
  - Média na altura em relação as execuções

Posso ter um algoritmo que as vezes é pior, mas que é melhor em geral?

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

- Considerando permutações aleatória de n chaves
- Versão aleatorizada tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$
  - Média na altura em relação as execuções

Posso ter um algoritmo que as vezes é pior, mas que é melhor em geral?

- Em alguns sistemas sim

Exemplos

Árvores Rubro-Negras: altura $\mathrm{O}(\lg n)$

- No pior caso

Árvores Splay: m inserções/buscas em $\mathrm{O}((n+m)\lg(n+m))$

- Análise amortizada

Árvores de Busca Binária (simples) tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$

- Considerando permutações aleatória de n chaves
- Versão aleatorizada tem altura média $\mathrm{O}(\lg n)$
  - Média na altura em relação as execuções

Posso ter um algoritmo que as vezes é pior, mas que é melhor em geral?

- Em alguns sistemas sim
- Em outros sistemas definitivamente não

Informações sobre o Problema

Informações sobre o problema a ser resolvido podem ser úteis

Informações sobre o Problema

Informações sobre o problema a ser resolvido podem ser úteis

Ex: dados a serem inseridos são praticamente aleatórios

Informações sobre o Problema

Informações sobre o problema a ser resolvido podem ser úteis

Ex: dados a serem inseridos são praticamente aleatórios

- Posso usar ABBs ao invés de Rubro-Negra

Informações sobre o Problema

Informações sobre o problema a ser resolvido podem ser úteis

Ex: dados a serem inseridos são praticamente aleatórios

- Posso usar ABBs ao invés de Rubro-Negra

Ex: a função de hashing não é boa para o conjunto de chaves

Informações sobre o Problema

Informações sobre o problema a ser resolvido podem ser úteis

Ex: dados a serem inseridos são praticamente aleatórios

- Posso usar ABBs ao invés de Rubro-Negra

Ex: a função de hashing não é boa para o conjunto de chaves

- posso usar outra função de hashing

Informações sobre o Problema

Informações sobre o problema a ser resolvido podem ser úteis

Ex: dados a serem inseridos são praticamente aleatórios

- Posso usar ABBs ao invés de Rubro-Negra

Ex: a função de hashing não é boa para o conjunto de chaves

- posso usar outra função de hashing
- ou usar uma Rubro-Negra

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)
- `stack`, `queue`, `deque`, `priority_queue`

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)
- `stack`, `queue`, `deque`, `priority_queue`
- `forward_list` (simples), `list` (dupla)

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)
- `stack`, `queue`, `deque`, `priority_queue`
- `forward_list` (simples), `list` (dupla)
- `set`, `multiset`, `unordered_set`, `unordered_multiset`

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)
- `stack`, `queue`, `deque`, `priority_queue`
- `forward_list` (simples), `list` (dupla)
- `set`, `multiset`, `unordered_set`, `unordered_multiset`
- `map`, `multimap`, `unordered_map`, `unordered_multimap`

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)
- `stack`, `queue`, `deque`, `priority_queue`
- `forward_list` (simples), `list` (dupla)
- `set`, `multiset`, `unordered_set`, `unordered_multiset`
- `map`, `multimap`, `unordered_map`, `unordered_multimap`

São estruturas genéricas, talvez o conhecimento do problema permita fazer algo melhor...

Bibliotecas de Estruturas de Dados

Na maior parte das vezes, não implementamos as nossas EDs

- Usamos bibliotecas prontas de EDs
- Principalmente em Java, C++, Python, etc...

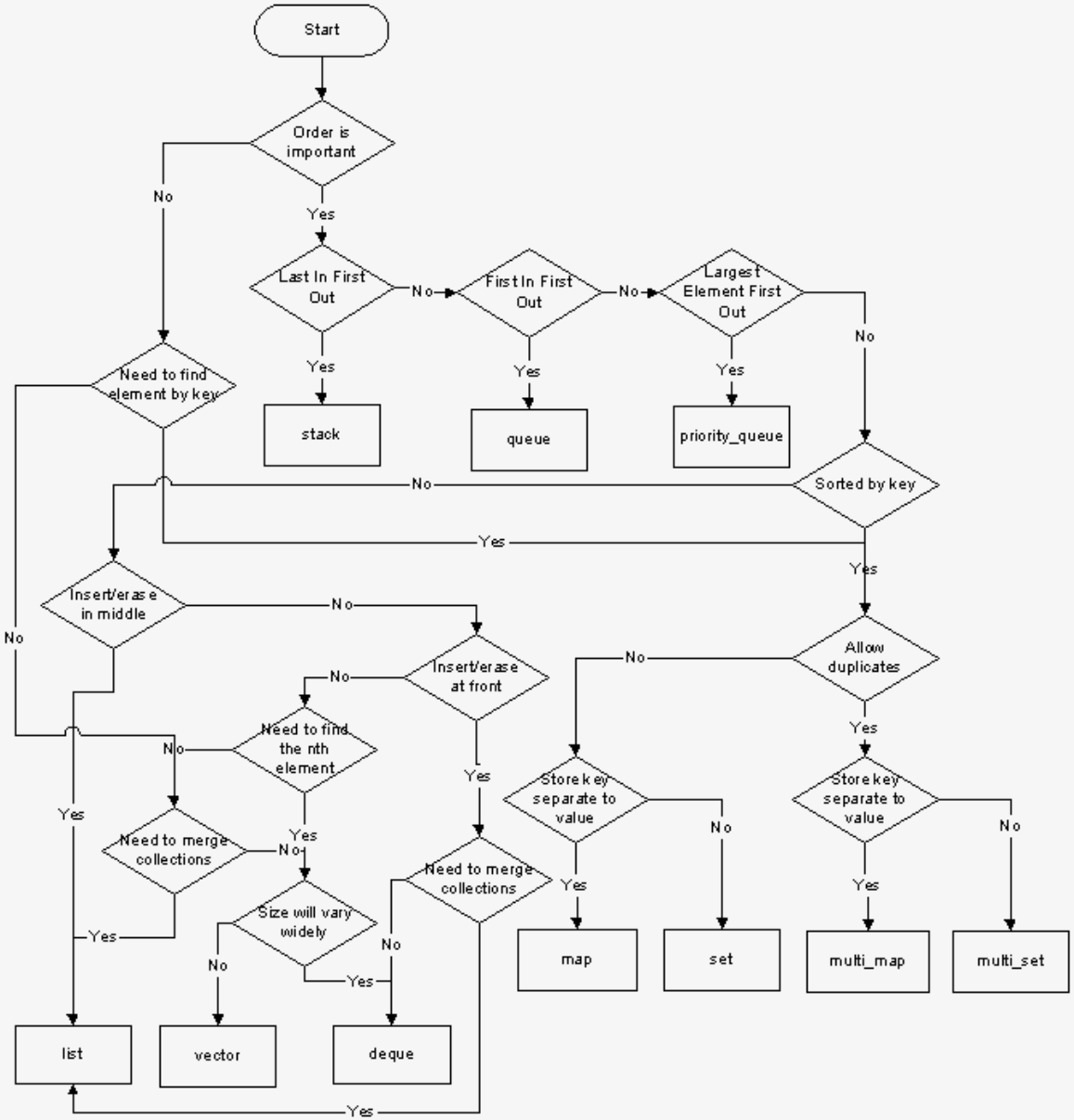
Ex: STD - (C++ Standard Library)

- `array`, `vector` (dinâmico)
- `stack`, `queue`, `deque`, `priority_queue`
- `forward_list` (simples), `list` (dupla)
- `set`, `multiset`, `unordered_set`, `unordered_multiset`
- `map`, `multimap`, `unordered_map`, `unordered_multimap`

São estruturas genéricas, talvez o conhecimento do problema permita fazer algo melhor...

- É importante entender ao invés de só usar

Escolhendo em C++[1]



[1] http://homepages.e3.net.nz/~djm/cppcontainers.html

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *“A mapping object maps hashable values to arbitrary objects.”*

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *“A mapping object maps hashable values to arbitrary objects.”*
- `set`

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *"A mapping object maps hashable values to arbitrary objects."*
- `set`
  - *"A set object is an unordered collection of distinct hashable objects."*

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *"A mapping object maps hashable values to arbitrary objects."*
- `set`
  - *"A set object is an unordered collection of distinct hashable objects."*
- `deque` (de `collections`)

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *"A mapping object maps hashable values to arbitrary objects."*
- `set`
  - *"A set object is an unordered collection of distinct hashable objects."*
- `deque` (de `collections`)
  - funciona como `deque` ou fila

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *"A mapping object maps hashable values to arbitrary objects."*
- `set`
  - *"A set object is an unordered collection of distinct hashable objects."*
- `deque` (de `collections`)
  - funciona como `deque` ou fila
- módulo `heapq`

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *"A mapping object maps hashable values to arbitrary objects."*
- `set`
  - *"A set object is an unordered collection of distinct hashable objects."*
- `deque` (de `collections`)
  - funciona como `deque` ou fila
- módulo `heapq`
  - funções de fila de prioridades

E no Python?

Algumas estruturas de dados básicas do Python 3

- `list`
  - Cresce de acordo com a necessidade
  - Pode ser usada como uma pilha
- `dict`
  - *"A mapping object maps hashable values to arbitrary objects."*
- `set`
  - *"A set object is an unordered collection of distinct hashable objects."*
- `deque` (de `collections`)
  - funciona como `deque` ou fila
- módulo `heapq`
  - funções de fila de prioridades

E é possível encontrar outras bibliotecas...

Exercício

Vamos discutir qual ED usar nos seguintes problemas:

Exercício

Vamos discutir qual ED usar nos seguintes problemas:

1. Tabela de alunos da DAC

Exercício

Vamos discutir qual ED usar nos seguintes problemas:

1. Tabela de alunos da DAC
2. Tabela de símbolos do compilador

Exercício

Vamos discutir qual ED usar nos seguintes problemas:

1. Tabela de alunos da DAC
2. Tabela de símbolos do compilador
3. Sistema de arquivos

Exercício

Vamos discutir qual ED usar nos seguintes problemas:

1. Tabela de alunos da DAC
2. Tabela de símbolos do compilador
3. Sistema de arquivos
4. Tabela de aberturas de xadrez

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta
- MC458 - Projeto e Análise de Algoritmos I

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta
- MC458 - Projeto e Análise de Algoritmos I
  - Notação assintótica e análise de algoritmos

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta
- MC458 - Projeto e Análise de Algoritmos I
  - Notação assintótica e análise de algoritmos
- MC558 - Projeto e Análise de Algoritmos II

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta
- MC458 - Projeto e Análise de Algoritmos I
  - Notação assintótica e análise de algoritmos
- MC558 - Projeto e Análise de Algoritmos II
  - Algoritmos em Grafos

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta
- MC458 - Projeto e Análise de Algoritmos I
  - Notação assintótica e análise de algoritmos
- MC558 - Projeto e Análise de Algoritmos II
  - Algoritmos em Grafos
- MC658 - Projeto e Análise de Algoritmos III

Disciplinas da Computação

MC322 - Programação Orientada a Objetos

- Como desenvolver sistemas computacionais maiores
- De maneira organizada...

Disciplinas da Teoria da Computação

- MC358 - Fundamentos Matemáticos da Computação
  - base teórica para análise de algoritmos
  - teoria dos grafos
  - matemática discreta
- MC458 - Projeto e Análise de Algoritmos I
  - Notação assintótica e análise de algoritmos
- MC558 - Projeto e Análise de Algoritmos II
  - Algoritmos em Grafos
- MC658 - Projeto e Análise de Algoritmos III
  - Tratamento de problemas NP-difíceis

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Na UNICAMP...

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Na UNICAMP...

- Escola de Verão da Maratona todo ano em janeiro

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Na UNICAMP...

- Escola de Verão da Maratona todo ano em janeiro
- MC521 - Desafios de Programação I

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Na UNICAMP...

- Escola de Verão da Maratona todo ano em janeiro
- MC521 - Desafios de Programação I
- MC621 - Desafios de Programação II

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Na UNICAMP...

- Escola de Verão da Maratona todo ano em janeiro
- MC521 - Desafios de Programação I
- MC621 - Desafios de Programação II
- MC721 - Desafios de Programação III

Maratona de Programação

Evento da Sociedade Brasileira de Computação

- Times de três alunos e um computador
- Resolvendo problemas de computação por 5 horas

Universidades escolhem os seus melhores Times

- que disputam na fase regional
- depois na final nacional
- e depois na final mundial

Na UNICAMP...

- Escola de Verão da Maratona todo ano em janeiro
- MC521 - Desafios de Programação I
- MC621 - Desafios de Programação II
- MC721 - Desafios de Programação III
- MC821 - Desafios de Programação IV