

Universidade de São Paulo – USP  
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC  
Departamento de Ciências de Computação – SCC

SCC-218 – Algoritmos Avançados e Aplicações

Professor Gustavo Batista  
gbatista@icmc.usp.br

Monitor: Lucas Schmidt Cavalcante  
lucassc@icmc.usp.br

**Projeto – Backtracking**  
**Data de entrega: 30/09**

A entrega deste projeto será realizada pelo TIDIA. Um dos membros do grupo (de até 3 participantes) deve carregar em seu escaninho os arquivos-fonte e um pdf do relatório. O relatório deve conter os nomes e números USP de todos os integrantes do grupo. Crie uma pasta com o nome “projeto 1” no escaninho e carregue os arquivos nessa pasta para evitar misturar os códigos-fonte de diferentes projetos.

Se necessário, inclua no relatório alguma explicação para a compilação e execução do código. Se houver vários arquivos-fonte, considere criar um arquivo *makefile* para simplificar a compilação.

O objetivo deste projeto é implementar um sistema de coloração de mapas utilizando a técnica de força bruta (*backtracking*) e as heurísticas de verificação adiante, mínimos valores remanescentes e grau.

Este projeto possui três partes descritas a seguir:

**Parte I – Implementação (50% da nota final)**

Esta parte do projeto consiste em implementar um algoritmo força bruta para coloração de grafos planares (mapas) e as heurísticas discutidas em aula. A implementação deve seguir as seguintes diretrizes:

1. A implementação deve ser capaz de trabalhar com qualquer mapa com até 1000 regiões;
2. A única restrição existente é que duas regiões vizinhas não podem ter uma mesma cor. As restrições devem ser representadas por meio de um grafo;
3. A implementação deve ser capaz de utilizar *backtracking* simples ou com três composições de heurísticas de poda:
  - a. *Backtracking* simples, sem poda;

- b. *Backtracking* com verificação adiante. Backtracking é realizado quando uma variável fica sem nenhum valor disponível;
  - c. *Backtracking* com verificação adiante e mínimos valores remanescentes. Idem ao anterior com a adição da heurística MVR para decidir a próxima variável;
  - d. *Backtracking* com verificação adiante, MVR e grau. Idem ao anterior com o uso da heurística grau nos casos de empate de MVR.
4. A sua implementação deve ser uma única função de *backtracking* com *flags* que permitem ligar/desligar cada uma das heurísticas citadas.

## Parte II – Avaliação de Funcionamento (20% da nota final)

Esta avaliação consiste em avaliar o correto funcionamento do seu programa. Para isso o programa deve ler uma entrada e imprimir uma saída em formatos rígidos descritos a seguir.

O programa deve ler uma entrada que consiste em uma linha com um número  $N$  ( $0 < N < 1001$ ) que representa o número de regiões no mapa a ser colorido e um caractere  $c$  que representa a heurística de poda. Os possíveis valores de  $c$  são “a” para *backtracking* simples; “b” para *backtracking* com verificação adiante; “c” para *backtracking* com verificação adiante e MVR e “d” para *backtracking* com verificação adiante, MVR e grau. Nas próximas  $N$  linhas seguem  $N$  listas contendo as regiões vizinhas. Cada lista está em uma linha diferente no formato “**Nome da região: Região vizinha 1, Região vizinha 2, ...**” etc. As regiões vizinhas são separadas por vírgulas e a lista termina com um ponto final. Segue um exemplo:

```
26 a
Acre: Amazonas.
Amapa: Para.
Amazonas: Acre, Rondonia, Mato Grosso, Para, Roraima.
...
```

A saída do seu programa deve ter a coloração do grafo no seguinte formato: O programa deve imprimir uma lista com  $N$  linhas, sendo que cada linha deve conter apenas “Região: cor.”, ou seja, o nome da região e a cor atribuída a ela. Por exemplo:

```
Acre: Azul.
Amapa: Azul.
Amazonas: Vermelho.
...
```

Como é provado que qualquer grafo planar pode ser colorido com quatro cores, utilize nos seu programa as cores “Azul”, “Amarelo”, “Verde” e “Vermelho”.

## Parte III – Avaliação de Desempenho (30% da nota final)

A avaliação de desempenho consiste em comparar os tempos de execução do algoritmo de força bruta simples e com o uso de heurísticas de poda para os mapas do Brasil, Estados Unidos da América e Europa.

Como medir o desempenho em termos de tempo de execução utilize duas estratégias:

1. Número de atribuições de cores realizadas durante toda a busca até se encontrar uma primeira solução;
2. Tempo de execução medido com o relógio do computador.

Faça um curto relatório (1 a 2 páginas) explicando a sua implementação e os resultados obtidos na Parte III. Discuta se o overhead causado pelo uso das heurísticas compensa em termos de número de atribuições e tempo de execução. Faça uma tabela ou gráfico comparando os resultados.