

Um Método Heurístico Aplicado à Produção na Indústria Automotiva

Bruno Henrique Miranda dos Santos

Universidade Federal de Ouro Preto

bruno_h_m_s@hotmail.com

3 de Agosto de 2016

Sumário

- 1 Sequenciamento de Carros
- 2 Revisão Bibliográfica
- 3 Fundamentação Teórica
- 4 Modelagem
- 5 Resultados
- 6 Conclusões e Trabalhos Futuros

Sequenciamento de Carros



Figura 1. Linha de produção mista.

Sequenciamento de Carros

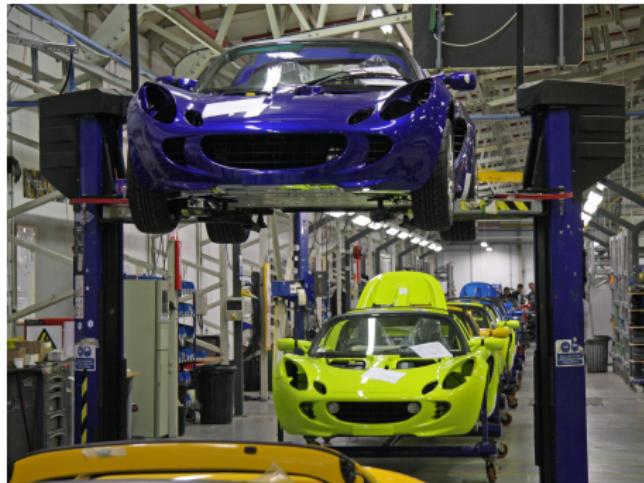


Figura 2. Resequenciamento físico e virtual.

French Society of Operations Research and Decision Analysis (ROADEF)

- Concurso Bianual;
- “Fecha” o problema;
- Submissão de resultados para avaliação;
- Validador de solução.

Motivações

- Objeto de pesquisa da ROADEF;
- Move a economia do país em 2015
 - PIB Brasileiro 5%;
 - PIB Industrial 23%;
 - Minas Gerais é o segundo polo (25,8%);
 - R\$ 178,5 bilhões em tributos;
- Complexidade
 - Gent (1998): \mathcal{NP} -Completo;
 - Kis (2004) e Estellon e Gardi (2013): \mathcal{NP} -Difícil.

Objetivos

- Revisar a literatura sobre sequenciamento de carros;
- Projetar uma heurística que atenda todos os requisitos do problema;
- Implementar essa heurística;
- Pesquisar uma técnica de polimento;
- Avaliar a heurística com casos de teste públicos;
- Comparar a heurística com outros métodos implementados.

Revisão Bibliográfica

- Parrello et al. (1986);
- Primeiro a descrever o problema de sequenciamento de veículos
 - Como *job-shop schedule*.

Revisão Bibliográfica

- 90: Programação por satisfação de restrições
 - Smith (1996);
- 00: Metaheurísticas, Heurísticas e Métodos Exatos
 - Algoritmo Genético;
 - Gulosos;
 - Programação inteira;
 - Busca Local;
 - Colônia de Formigas;
 - *Large Neighborhood Search*;
 - *Branch and Bound*;
 - *Backtracking*.
- 12: Variações locais do problema.

Fundamentação Teórica

C: conjunto de carros;

O: conjunto de opções;

K: conjunto de carros do dia anterior;

p_i : quantidade máxima de carros que podem ter uma opção em uma dada subsequência;

q_i : tamanho da subsequência a ser avaliada;

$$r(c_i, o_j) = \begin{cases} 1 & \text{se o carro } i \text{ tem a opção } j \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

Exemplo de Instância

| Item opc. | Tipo de Veículo | | | | Restrição | |
|-----------|-----------------|------|-------|------|-----------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | $p:q$ | Prioridade |
| 1 | ✓ | | | ✓ | 3:5 | 1 |
| 2 | | ✓ | | | 1:3 | 0 |
| 3 | ✓ | ✓ | | | 2:5 | 0 |
| 4 | | | ✓ | ✓ | 2:3 | 1 |
| 5 | | | ✓ | | 1:4 | 1 |
| Cor | Preto | Azul | Preto | Azul | | |
| Nº. | 2 | 2 | 2 | 2 | | |

Tabela 1. Adaptado de Kis (2004).

Penalidade restrição $p : q$

$$\sum_{i=1}^{|O|} \sum_{j=|K|-q_i+1}^{|C|} \left\{ \begin{array}{ll} (\text{count}(j, j + q_i) - p_i) * w_i & \text{se } \text{count}(j, j + q_i) - p_i > 0 \\ 0 & \text{c.c.} \end{array} \right. \quad (1)$$

w_i peso da penalidade da opção i ;

count conta quantos carros possuem um item opcional em uma subsequência.

Penalidade cor

$$\sum_{j=|K|+1}^{|C|} \begin{cases} w_c & \text{se } \text{cor}(j) \neq \text{cor}(j-1) \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases} \quad (2)$$

w_c peso da penalidade por troca de cor;

cor retorna a cor do carro.

Função Objetivo

$$\text{Função Objetivo} = \min (1) + (2)$$

Instâncias

- 19 Instâncias;
- 78 a 1543 veículos;
- 2 a 26 restrições $p:q$
 - 1:1 até 1:297.
- 5 a 20 cores diferentes.

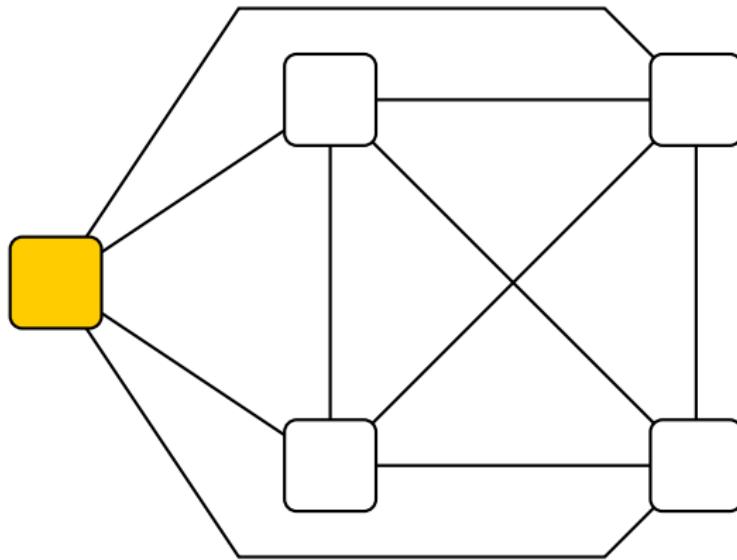


Figura 3. Grafo completo.

Modelagem - DFS

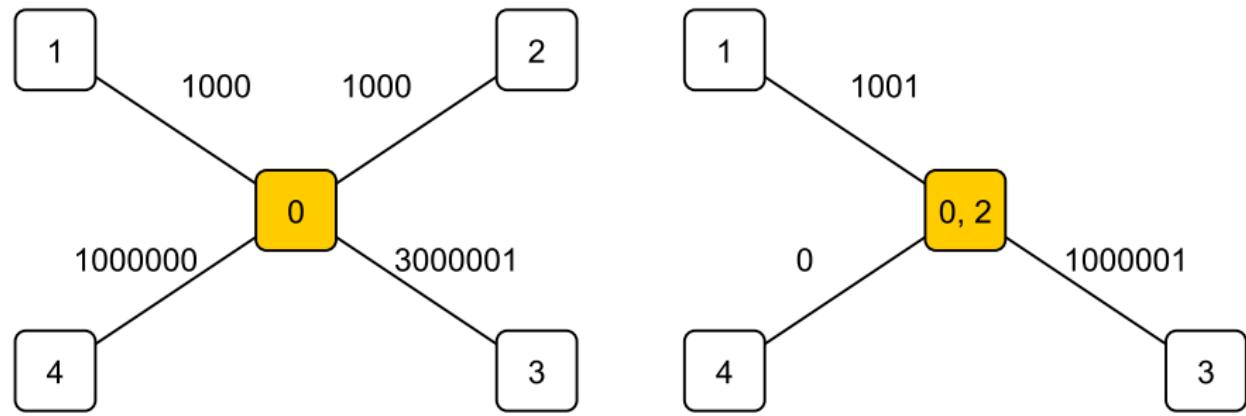


Figura 4. *Depth-First Search*

Modelagem - DFS+BI

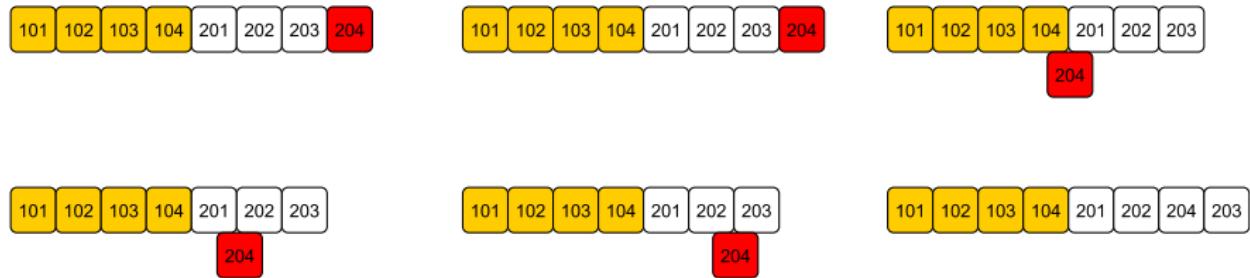


Figura 5. *Best Insertion.*

Modelagem - ILS

- Solução inicial;
- Perturbação;
- Busca local
 - *Group inversion*;
 - *Reinsertion*;
 - *Car exchange*.

Resultados

Ranking obtidos:

DFS: 2,05;

DFS+BI: 2,79;

ILS: 1,21;

ROADEF: 33/36, pontuação de -0.3666.

Conclusões e Trabalhos Futuros

- Considerar mais casos de teste;
- Implementar outras buscas locais;
- Realizar mais testes.

Referências (I)

- I.P. Gent. Two results on car-sequencing problems. *APES*, 1998.
- Tam'as Kis. On the complexity of the car sequencing problem. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, 53(3):1186–1194, August 2004.
- B. Estellon and F. Gardi. Car sequencing is np-hard: a short proof. *Journal of the Operational Research Society*, 64(10):1503–1504, 2013.

Referências (II)

- B. D. Parrello, W. C. Kabat, and L. Wos. Job-shop scheduling using automated reasoning: A case study of the car-sequencing problem. *Journal of Automated Reasoning*, 2(10):1–42, 1986.
- B. Smith. Succeed-first or fail-first: A case study in variable and value ordering heuristics. *third Conference on the Practical Applications of Constraint Technology PACT'97*, page 321-330, 1996.

Fim

Fim.