



COM10393 – MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO

TRABALHO I

- O objetivo geral deste trabalho consiste em iniciar a modelagem e implementação de meta-heurísticas para resolução de um **Problema de Programação Job Shop Flexível (Flexible Job Shop Scheduling Problem - FJSP)**.
- O FJSP é uma extensão do problema *Job Shop* (JSP), que é descrito a seguir. O ambiente de programação de tarefas JSP tem como características a produção de alta variedade de produtos e baixo volume de produção. Considere um conjunto independente de n peças, tarefas ou trabalhos, designados na língua inglesa por *Jobs*, cada qual constituído por uma sequência ordenada específica de operações. Cada operação deve ser processada individualmente em uma única máquina, pertencente a um conjunto M , formado por m máquinas, sem interrupção. Em um mesmo *job*, cada operação deve ser executada em uma máquina diferente. Cada operação consome um diferente tempo de processamento. O critério mais utilizado na literatura, a minimização do *makespan*, deve ser obtida uma sequência de processamentos de modo que o instante de término da última operação processada do último *job* finalizado seja o menor possível. Considerando tal critério de otimização, o JSP é classificado como NP-Difícil.
- O FJSP, objeto de estudo deste trabalho, consiste em uma variação do JSP, no qual uma mesma operação (*job*) pode ser executada alternativamente por mais de uma máquina. AS máquinas capazes de processar cada operação podem ser idênticas ou não, e cada operação pode ser atribuída somente a uma única máquina. Essa flexibilidade de escolha torna possível um *job* ser processado através de diversos caminhos alternativos através das máquinas, o que aumenta significamente o número de soluções factíveis.
- A Figura 1 ilustra um exemplo de ambiente produtivo baseado no FJSP, onde as setas, equivalentes aos arcos disjuntivos, indicam os caminhos possíveis dos Jobs através das máquinas, ilustrando as alternativas de processamento das operações. A atribuição de cada operação a uma máquina alternativa implica em encontrar, para cada *job*, um caminho que inicie à esquerda da figura e termine à sua direita. Esses caminhos devem seguir as setas, passando por cada uma delas, no máximo, uma vez. Para se obter uma solução do FJSP, além de definir as atribuições, ainda é necessário determinar as sequências das operações a serem

processadas em cada máquina. Segue descrição do ambiente representado na Figura 1, que visa esclarecer como os *jobs* do FJSP podem percorrer caminhos alternativos através das máquinas:

- O *job* 1 tem 4 operações e sua primeira operação pode ser processada alternativamente nas máquinas 1 ou 2, conforme indicam as setas na cor **azul**. A segunda operação do *job* 1 deve ser processada na máquina 1. Dessa forma, caso a primeira operação seja processada também na máquina 1, ocorre recirculação. A terceira operação do *job* 1 deve ser executada na máquina 3 e a última operação, na máquina 4.
- O *job* 2 utiliza setas na cor **vermelha** e possui 3 operações, sendo que somente a segunda delas tem alternativas de processamento, as máquinas 3 ou 4.
- O *job* 3, com setas na cor **verde**, também possui 3 operações e sua segunda operação pode ser processada tanto na máquina 2 quanto na máquina 3.

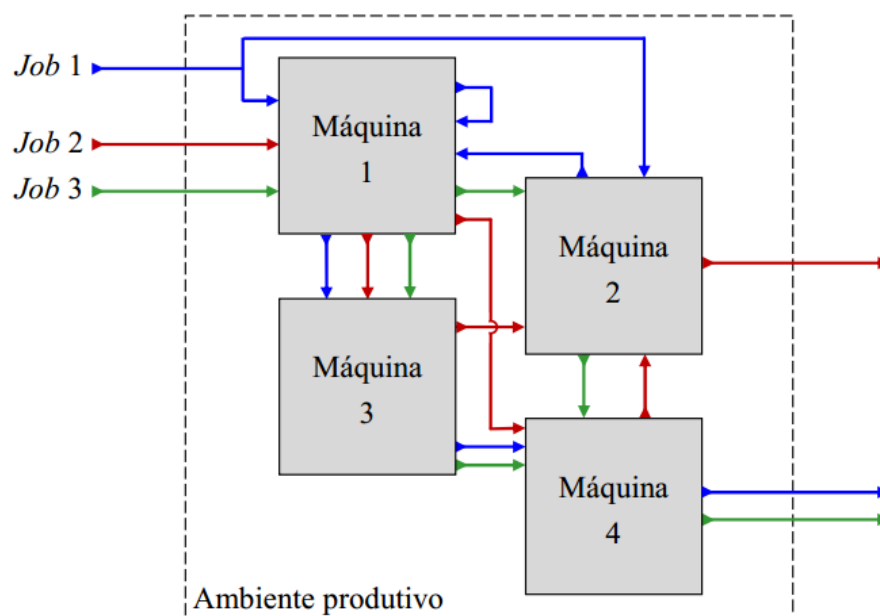


Figura 1- Exemplo de FJSP

- Segue passos para obter uma solução viável para a partir de um grafo disjuntivo do FSJP:
 - Para cada operação, defina a direção de um ou dois arcos disjuntivos incidentes nela e elimine os demais arcos disjuntivos. Essa seleção, denominada *E*, deve obedecer:
 - I. Haver ao menos um arco conjuntivo que chegue a cada operação e ao menos um arco conjuntivo que parta de cada operação;

- II. Se uma operação tem um arco disjuntivo que chega a ela e um que parte dela, ambos os arcos estão em E_k ;
 - III. Em todo $E_k \neq \emptyset$ deve haver uma única operação sem um arco disjuntivo que chegue a ela e uma única operação sem arco disjuntivo que parta dela.
- o Para cada $E_k \neq \emptyset$, inclua em E_k o arco que liga o vértice artificial de origem à primeira operação de E_k e o arco que liga a última operação de E_k ao vértice artificial de término. Para cada $E_k \neq \emptyset$ inclua em E_k um arco que ligue os vértices artificiais de origem e de destino.

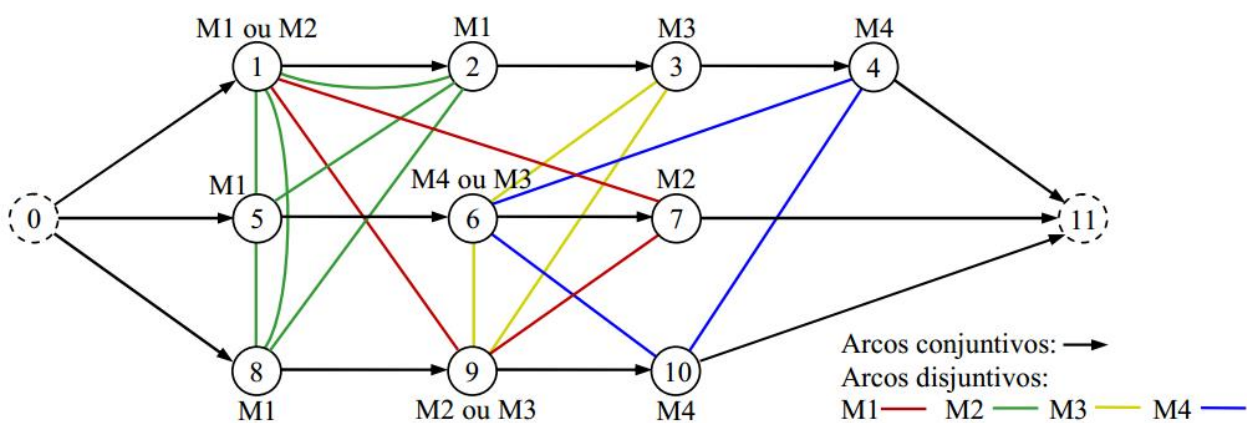


Figura 2 - Grafo disjuntivo do FJSP.

O grafo do FSJP define uma solução viável se for acíclico. A Figura 3 exemplifica uma solução obtida pela definição das orientações dos arcos disjuntivos do grafo da Figura 2.

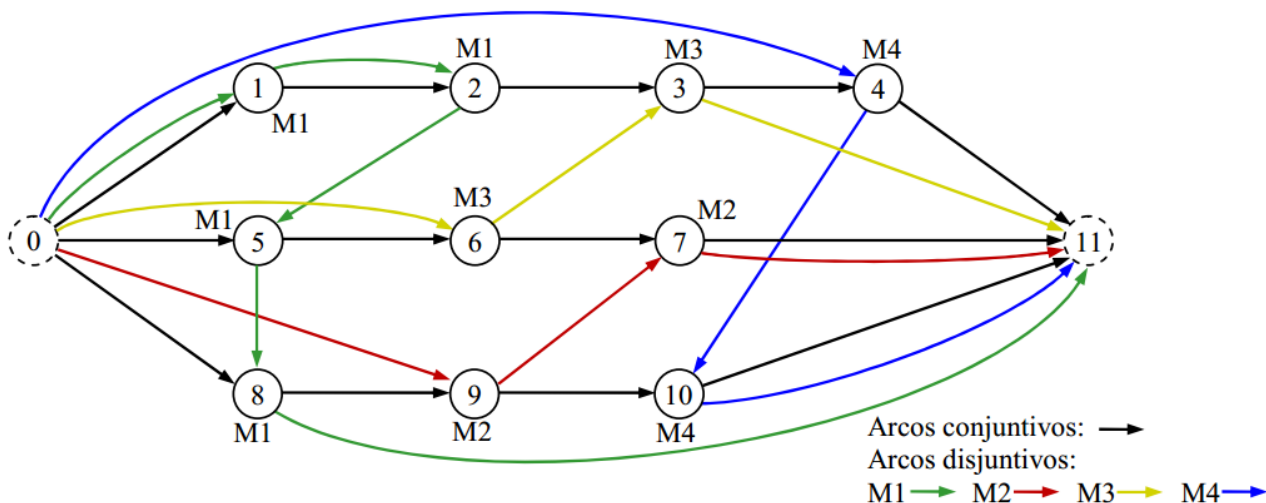


Figura 3 - Solução do FJSP.

- A máquina M1 executa as operações 1, 2, 5 e 8;
 - M2 executa as operações 9 e 7;
 - M3 processa as operações 6 e 3;
 - M4 recebe as operações 4 e 10;
 - Nessa representação, arcos disjuntivos redundantes como o arco entre os vértices 1 e 5, por exemplo, são omitidos.
- A solução da Figura 3 é apresentada utilizando um gráfico de Gantt na Figura 4, no qual cada *job* é representado por uma cor. Cada operação é identificada por dois valores. O primeiro valor indica o *job* ao qual ela pertence e o segundo, entre parênteses, indica sua numeração na contagem geral das operações que identifica os vértices do grafo da Figura 2. O eixo *t* do Gráfico de Gantt representa o custo da solução, sendo o valor do *makespan* dessa solução é igual a 24.

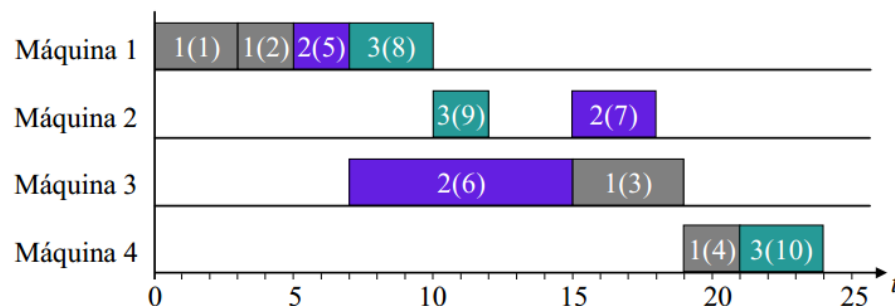


Figura 4 - Gráfico de Gantt correspondente à solução do FSJP.

- Como entrada de dados, deverão ser consideradas 3 instâncias (problemas teste) distintas: mt06, mt10, mt20. Essas instâncias estão em arquivos texto com extensão .jfs (anexos a este documento) no seguinte formato:
 - Na primeira linha existem (pelo menos) 2 números: o primeiro é o número de *jobs* e o segundo é o número de máquinas (o terceiro não é necessário, sendo o número médio de máquinas por *jobs*).
 - Demais linhas, sendo que cada uma representa um *job*:
 - o primeiro número é o número de operações desse *job*;
 - o segundo número (digamos $k \geq 1$) é o número de máquinas que podem processar a operação;



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO



- Dúvidas relativas à elaboração do trabalho podem ser sanadas diretamente com o professor na UFES ou via e-mail (dayan.bissoli@ufes.br).