Proposta de modelo de operações para o problema do Roadef 2005 – Car Sequencing Problem

Sara Casare – Out/03

1. Definição do problema

1.1. Contexto do problema

Nas manufaturas discretas como uma montadora de carros, o planejamento e controle da produção apresenta-se como um problema complexo que deve ser resolvido a cada dia de produção. A produção dos veículos é feita de acordo com as ordens de produção geradas pela rede de distribuição da montadora, e deve obedecer às restrições inerentes à linha de produção.

Os principais processos do planejamento e controle da produção são:

- Inserir as ordens recebidas no cronograma de produção, definindo o dia de produção para cada uma delas, levando em conta a data de entrega e a capacidade da linha de produção
- Escalonar as ordens de produção dos carros dentro de um mesmo dia de produção, levando em conta as restrições dos processos da linha de montagem, tais como, montagem do chassi, pintura e montagem de equipamentos

Ë importante lembrar que uma vez definida a data de produção do veículo pelo primeiro processo, essa data não pode ser alterada pelo segundo processo.

1.2. Escopo do problema

O escopo do problema é constituído pelo escalonamento das ordens de produção para cada dia, levando em conta as restrições definidas para os processos de pintura e montagem de equipamentos, que podem ser restrições fortes ou restrições fracas.

- Restrições para Pintura:
    - Restrição forte: lavar o revolver de pintura regularmente com solvente, mesmo se não houve troca de cor de tinta
    - Restrição fraca - minimizar o consumo de solventes para lavagem do revolver de pintura, diminuindo a frequencia de troca de cor de tinta
- Restrições Montagem de equipamentos:

- Restrição fraca - Levar em conta a taxa de montagem de equipamentos especiais, segundo as classes de prioridade definidas de acordo com as caracteristicas do veículo:
  - Alta prioridade: montagem é trabalhosa, demanda muito tempo de trabalho
  - Baixa prioridade: montagem causa inconvenientes para a linha

A taxa de montagem dos equipamentos deve ser calculada levando-se em conta o escalonamento do dia D-1, visto que a linha de montagem é operada por turnos de trabalho cuja troca não acontece às 24:00hs do dia D-1.

1.3 A Solução do problema

A solução do problema consiste na geração da sequencia na qual os veículos devem ser produzidos em cada dia de produção, de forma a obedecer as restrições fortes e mininizar a quantidade de violações das restrições fracas.

2. Modelo conceitual proposto

O objetivo do modelo conceitual proposto objetivo é:

- Permitir representar o problema e o mundo real de forma simplificada e em linguagem natural
- Servir de suporte para o design do modelo em PDDL

Um modelo em PDDL é composto por duas partes principais: o modelo do domínio e o modelo do problema. O modelo do domínio contém os seguintes componentes:

- Definição dos tipos : declaração dos objetos que fazem parte do domínio
- Definição dos predicados aplicáveis aos objetos
- Definição das funções aplicáveis aos objetos
- Definição das operações do domínio
  - Parametros tipados da operação
  - Precondições da operação
  - Efeitos positivos da operação
  - Efeitos negativos da operação

Consideramos a existencia das seguintes operações pre-existentes propostas no PDDL 2.1:

Assign: permite associar um valor númerico a um atributo

Increase: permite aumentar de 1 o valor de um atribuo

Decrease: permite diminuir de 1 o valor de um atributo

2.1 Objetos do modelo

Os seguintes objetos fazem parte do modelo, com as suas respectivas caracteristicas:

- Veiculo
    - Data de produção (D-1; D)
    - cor,
    - possui equipamento de montagem trabalhosa (sim;não)
    - possui equipamento de montagem inconveniente (sim;não)
- Revolver de pintura
    - capacidade máxima
    - cor corrente
    - quantidade de veiculos já pintados com a cor corrente na mesma
- Lista de veiculos para o dia D
    - Veiculos que devem ser escalonados no dia D
- Lista escalonada para o dia D
    - Veiculos já inseridos na lista
- Lista escalonada para o dia D-1
    - Ultimos veículos inseridos na lista em ordem

```
(:types          veiculo revolver lista cor data - object
```

```
                lista_esc_D0  lista_esc_D1 - lista
        )

(:predicates
            (data_veiculo ?v - veiculo ?d - data)
            (cor_veiculo ?v - veiculo ?c - cor )
            (inconveniente ?v - veiculo)
            (trabalhoso ?v - veiculo)
            (cor_revolver ?r - revolver ?c - cor)
            (at ?v - veiculo ?l - lista )
            (empty ?l - lista)
 )

(:functions
            (capacidade_total ?r - revolver)
            (quantidade_corrente ?r - revolver )
  )
```

As restrições que devem ser consideradas e suas caracteristicas:

- Restrição de pintura de cor diferente:
    - classificação(fraca),
    - prioridade (não informada)
- Restrição do revolver: classificação(forte), prioridade (não informada), quantidade de veiculos(Q)
- Restrição de montagem de equipamento trabalhoso: classificação(fraca), prioridade (alta), taxa de montagem (N1/P1)
- Restrição de montagem de equipamento inconveniente: classificação(fraca), prioridade (baixa), taxa de montagem (N2/P2)

2.2 Predicados do modelo

Temos os seguintes predicados:

- possui_equipamento_inconveniente(Veiculo)
- possui_equipamento_trabalhoso(Veiculo)

2.3 Funções do modelo

Temos as seguintes funções relativas ao veículo:

- cor (Veiculo) : retorna a cor do veículo
- data_produção (Veiculo) : retorna D ou D-1

Temos as seguintes funções relativas ao revolver de pintura:

- capacidade_total (Revolver): retorna a quantidade de veiculos que pode ser pintados antes da limpeza do revolver
- quantidade_corrente(Revolver): retorna a quantidade de pinturas já feitas pelo revolver após a ultima limpeza

Temos as seguintes funções relativas à lista escalonada para o dia D

- taxa_inconveniente(Lista_escalonada_D): retorna a taxa para a montagem de equipamentos inconvenientes
- taxa_inconveniente_corrente(Lista_escalonada_D): retorna a taxa corrente para a montagem de equipamentos inconvenientes

2.4 Operações

Operações para lidar com as restrições de pintura:

- **Limpa Revolver de Pintura:** limpa o revolver após atingir a capacidade de pintura do mesmo, permitindo a troca de cor de tinta

(:action LIMPAR_REVOLVER

:parameters (?r -revolver)

:precondition (quantidade_corrente ?r)

(= (capacidade__total ?r))

:effect (assign (capacidade_corrente ?r) 0)

)

- **Troca Cor de Tinta(revolver, cor corrente, nova cor)** : troca a cor de tinta corrente por nova cor de tinta, antes de usar a capacidade total do revolver com a cor corrente

(:action TROCA_COR_REVOLVER

:parameters (?r – revolver ?cc ? nc – cor)

:precondition (and

(> (capacidade_total ?r) (quantidade_corrente ?r))

(not (cor_revolver ?r ?nc)) (cor_revolver ?r ?cc))

:effect (and (assign (capacidade_corrente ?r) 0)

(not (cor_revolver ?r ?cc)) (cor_revolver ?r ?nc))

)

- **Insere Veiculo Simples(veiculo):** insere um novo veiculo na lista de escalonamento, com cor igual a cor corrente do revolver de pintura e sem equipamentos especiais

```
(:action INSERE_V_SIMPLES
  :parameters
   (?v - veiculo
    ?c - cor
    ?r - revolver
    ?l - lista
    ?le - lista_esc_D1 )
  :precondition
   (and (at ?v ?l)( not(at ?v ?le))
   (cor_veiculo ?v ?c) (cor_revolver ?r ?c)
      ((>  (capacidade_total ?r) (quantidade_corrente ?r))
      ( not (inconveniente ?v)) (not(trabalhoso ?v)))
  :effect
   (and (not (at ?v ?l)) (at ?v ?le)
        ( increase( quantidade_corrente ?r)))
```

Operações para lidar com as restrições de montagem:

- **Insere Veiculo Simples(veiculo):** insere um novo veiculo sem nenhuma restrição de montagem na lista de escalonamento
- **Insere Veiculo Trabalhoso Sem Violação(veiculo):** insere um novo veiculo com montagem trabalhosa na lista de escalonamento, sem no entanto violar a restrição da taxa de montagem trabalhosa
- **Insere Veiculo Inconveniente Sem Violação(veiculo):** insere um novo veiculo com montagem inconveniente na lista de escalonamento, sem no entanto violar a restrição da taxa de montagem inconveniente
- **Insere Veiculo Trabalhoso ComViolação(veiculo):** insere um novo veiculo com montagem trabalhosa na lista de escalonamento, violando a restrição da taxa de montagem trabalhosa
- **Insere Veiculo Inconveniente Com Violação(veiculo):** insere um novo veiculo com montagem inconveniente na lista de escalonamento, violando a restrição da taxa de montagem inconveniente

3. Descrição das operações em PDDL

- **Limpa Revolver de Pintura**

```
(:action Limpa_Revolver_Pintura
    :parameters (?r -revolver)
    :precondition ( capacidade_corrente ?r)
            (= (capacidade__total  ?r) )
    :effect (and (change (amount ?jug1) 0)
            (change (amount ?jug2)
            (+ (amount ?jug1) (amount ?jug2)))))
)
```

- **Troca Cor de Tinta(cor)** : troca a cor de tinta corrente por nova cor de tinta
- **Insere Veiculo de Mesma Cor(veiculo):** insere um novo veiculo na lista de escalonamento, com cor igual a cor corrente do revolver de pintura

Insere Veiculo com Nova Cor (veiculo): insere um novo veiculo na lista de escalonamento, com a nova cor corrente

- inserir um veiculo na lista escalonada de D: insere um novo veiculo no escalonamento
  - parametros: veiculo a ser inserido
  - pre-condições:
    - veiculo não deve pertencer a lista escalonada
    - veiculo deve pertencer a lista de veiculos para o dia D
    - cor (Veiculo) = cor corrente (Revolver) OU capacidade(Revolver) = veiculos_pintados_cor_corrente(Revolver)
    - possui_equipamento_trabalhoso(Veiculo) é falso E possui_equipamento_inconveniente(Veiculo) é falso OU
      -