

Hibridização de Programação por Restrições e Metaheurísticas Paralelas para o Escalonamento Integrado de Veículos e Tripulação

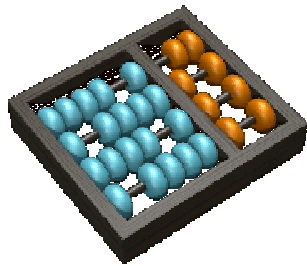
Instituto de Computação – UNICAMP
GOA – Grupo de Otimização Aplicada

Autores:

André Augusto Ciré
Tony Minoru Tamura Lopes

Orientador:

Arnaldo Vieira Moura



PIC - SBPO 2005



UNICAMP

Tópicos da Apresentação

- Introdução ao Problema
- Abordagens Anteriores
- Modelagem Proposta
- Resultados
- Considerações Finais

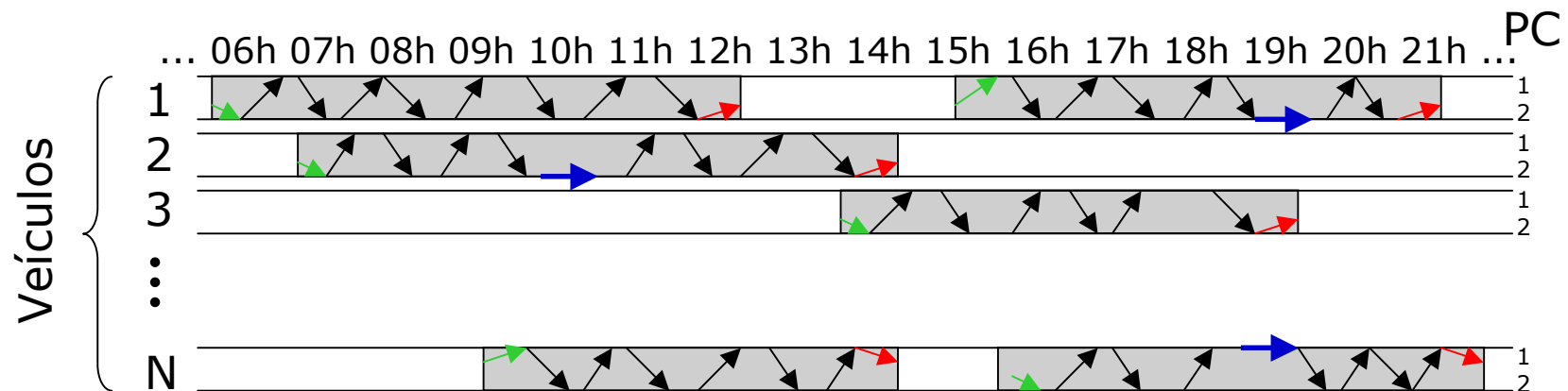
Introdução ao Problema

- Planejamento do Transporte Urbano de Ônibus
 - Altos custos operacionais
 - Frota em São Paulo: 9 mil ônibus*
 - Problemas na qualidade de serviço
 - Programação das linhas ainda é geralmente **manual**

* Fonte: Associação Nacional dos Transportes (ANTP)

Descrição do Problema

- O *Problema de Programação de Viagens (PPV)*
 - Agendamento diário.
 - Uma linha com dois terminais (ou *PC's*).
 - Criação da Tabela de Horários de Partida das Viagens
 - Escalonamento da Frota e Tripulação (*scheduling*).



Descrição do Problema

□ Restrições

- Acordos sindicais e leis trabalhistas
 - Descanso de motoristas, limite de horas-extras e outros
- Restrições sobre a frota
 - Empilhamento, numero máximo de ônibus por linha
- Atendimento da demanda

□ Objetivos

- Minimizar tempos de espera entre viagens
- Reduzir uso de recursos
 - Número de ônibus, motoristas e totais de horas-extras.

Abordagens Anteriores

□ Seqüenciais

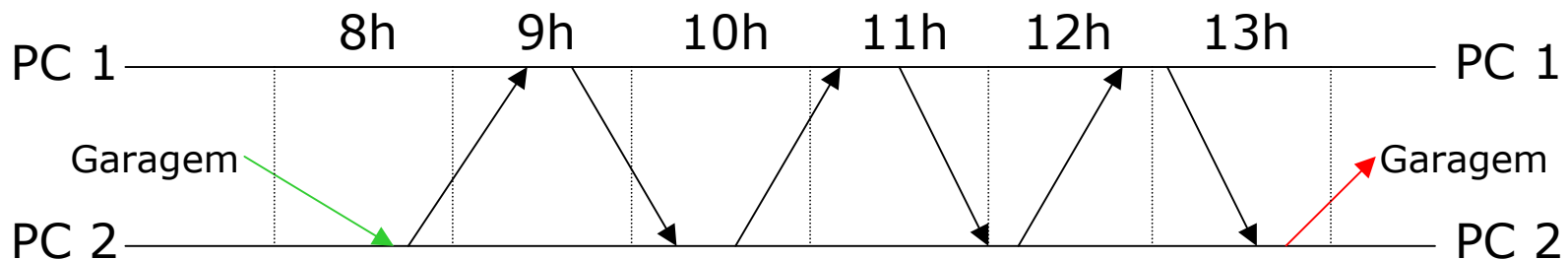
- Fases distintas de escalonamento
- Priorização de certas restrições e objetivos
- Pode resultar em soluções inviáveis

□ Integradas

- Resolução simultânea
- Soluções de melhor qualidade
- Modelagem extremamente complexa

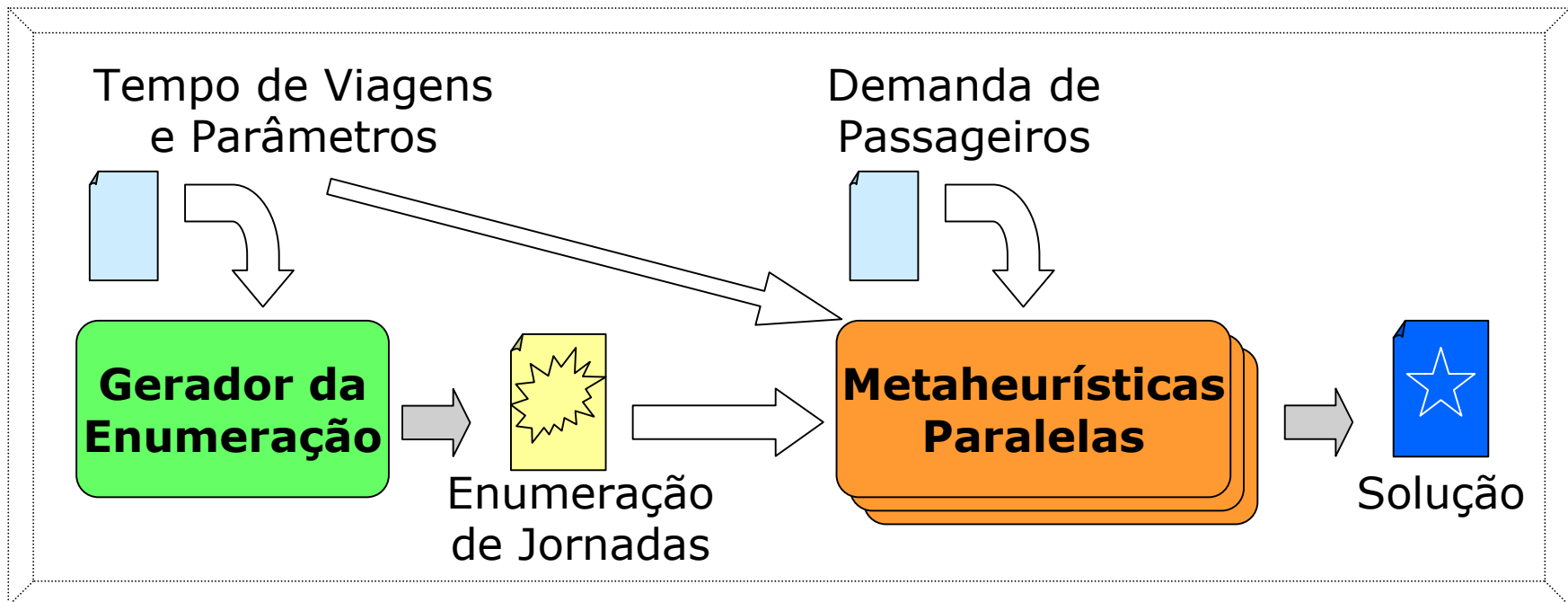
Modelagem Proposta

- Resolução Integrada
 - Sem *interlining* ou *changeover*
- Elemento independente: *Jornada de Motorista*
 - Composta por *tarefas* de motoristas
 - Restrições não interferem outras jornadas
 - Atribui-se a um ônibus e motorista
- Solução
 - Conjunto de Jornadas



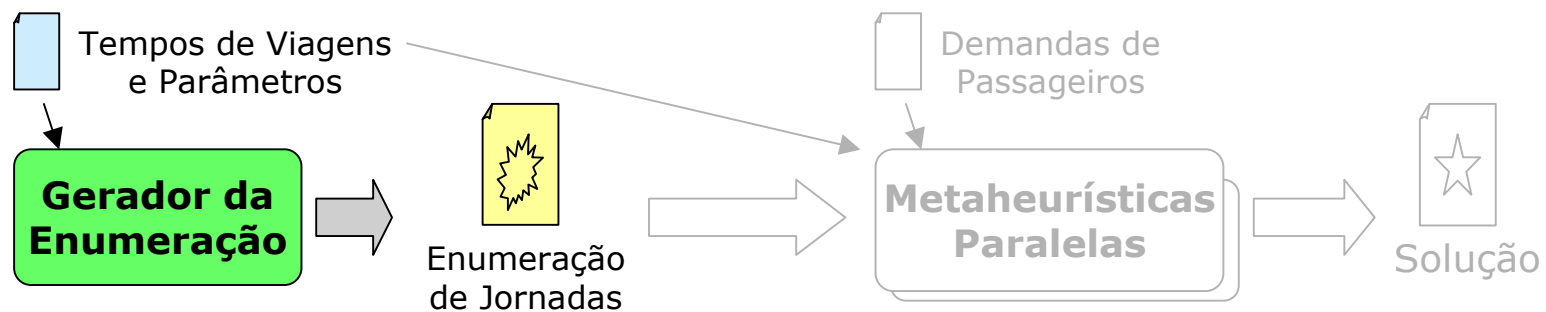
Modelagem Proposta

- *Enumeração* de Jornadas
- Cobertura de Conjuntos
 - Tamanho do espaço de soluções: $O(2^{50.000})$
- Metaheurísticas Paralelas



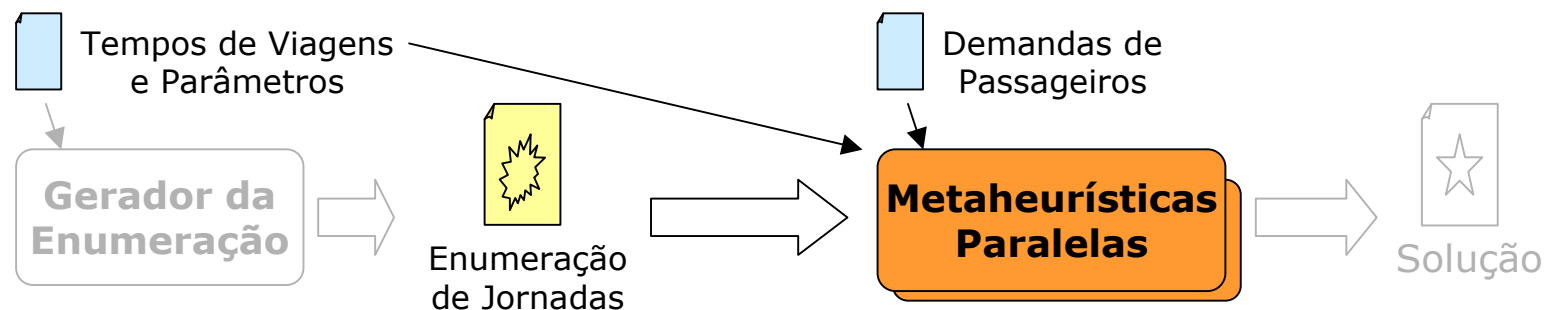
Enumeração de Jornadas

- ❑ Conjunto de jornadas viáveis e interessantes
- ❑ Uso de *Programação por Restrições*
 - Variáveis em intervalos inteiros
 - Necessidade de múltiplas soluções
 - Fácil acréscimo de novas restrições
 - Não há função objetivo a otimizar



Algoritmo Genético Paralelizado

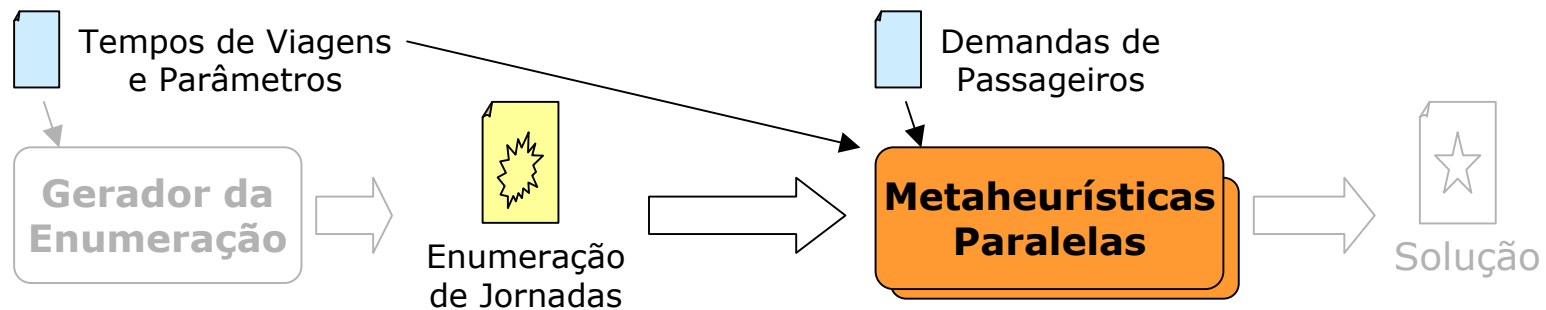
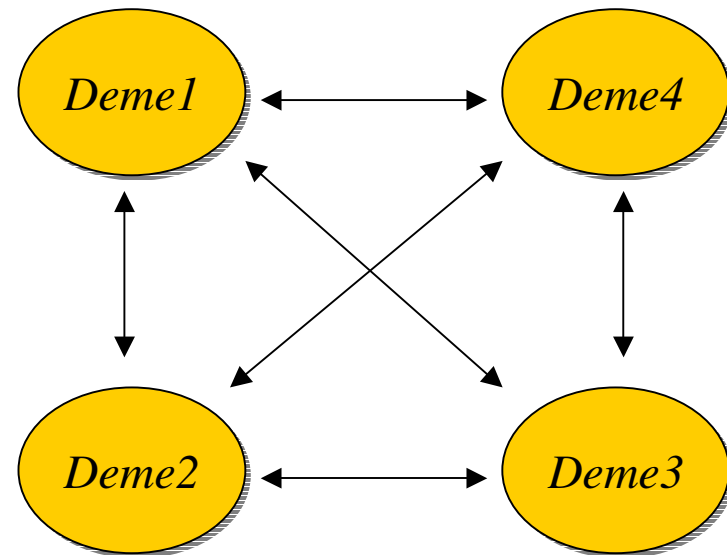
- *Gene*
 - Um ônibus com suas jornadas de motoristas
- *Cromossomo*
 - Conjunto de ônibus da solução
- *Seleção Natural*
 - Torneios de k indivíduos
- *Recombinação (ou Crossover)*
 - Uniforme: seleção aleatória entre jornadas dos pais
- *Mutação*
 - Inclusão/Remoção aleatória de jornadas da Enumeração



Algoritmo Genético Paralelizado

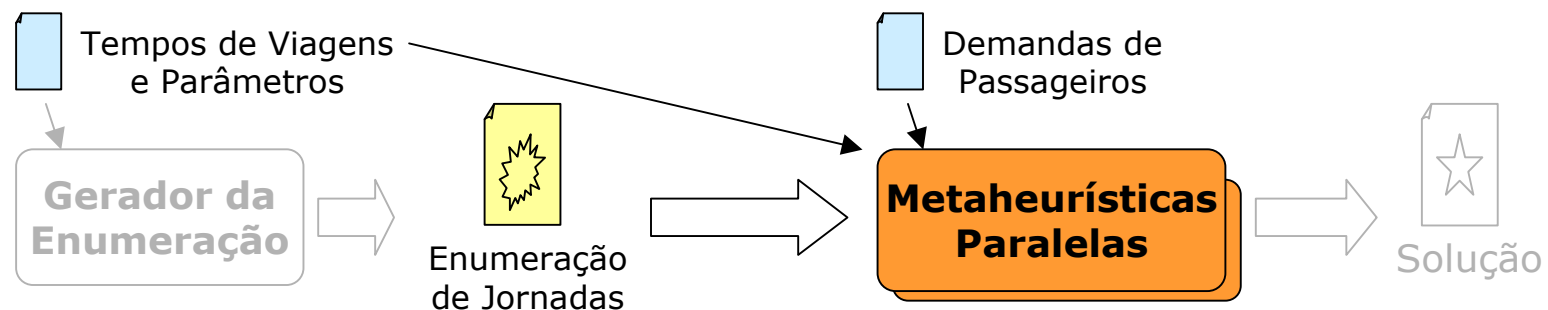
□ Paralelismo

- Subpopulações estáticas (*demes*)
- Assíncrono
- Operador de *Migração*
- Seletor natural especial para imigrantes



Busca Tabu Paralelizada

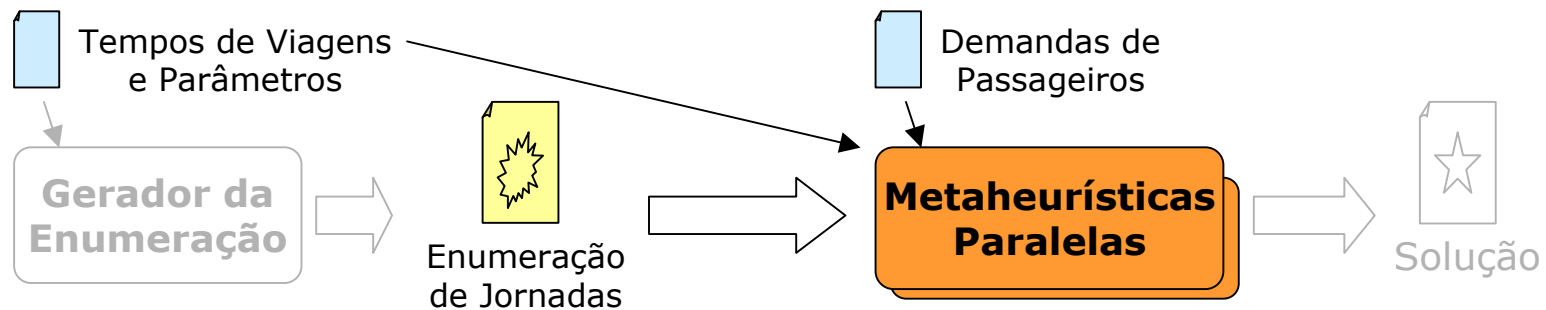
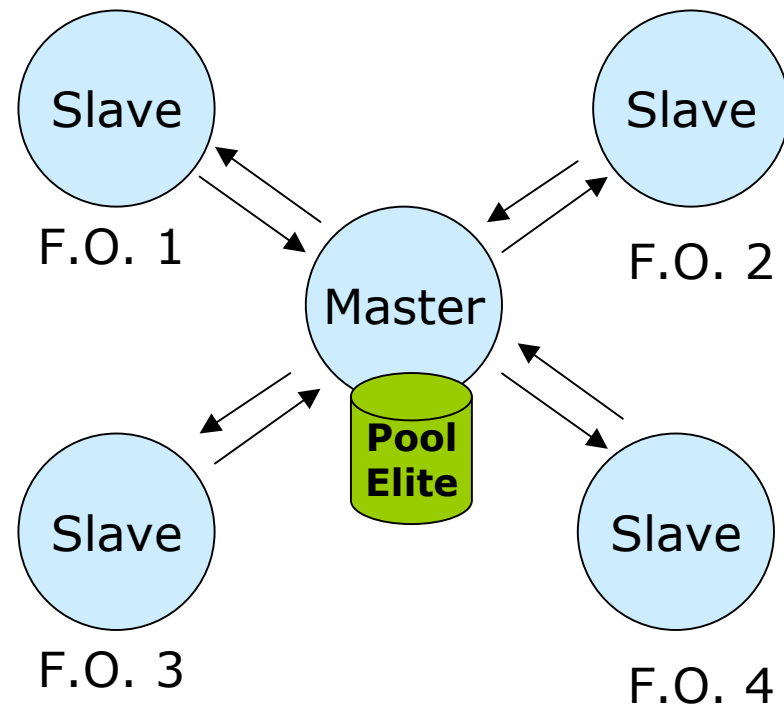
- Solução
 - Conjunto de ônibus com suas jornadas
- Movimentos e vizinhança
 - Inserção / Remoção de jornadas
 - Troca de jornadas entre ônibus
 - Troca de jornadas da Enumeração
- Lista Tabu
 - Atributo é uma jornada envolvida em movimentos



Busca Tabu Paralelizada

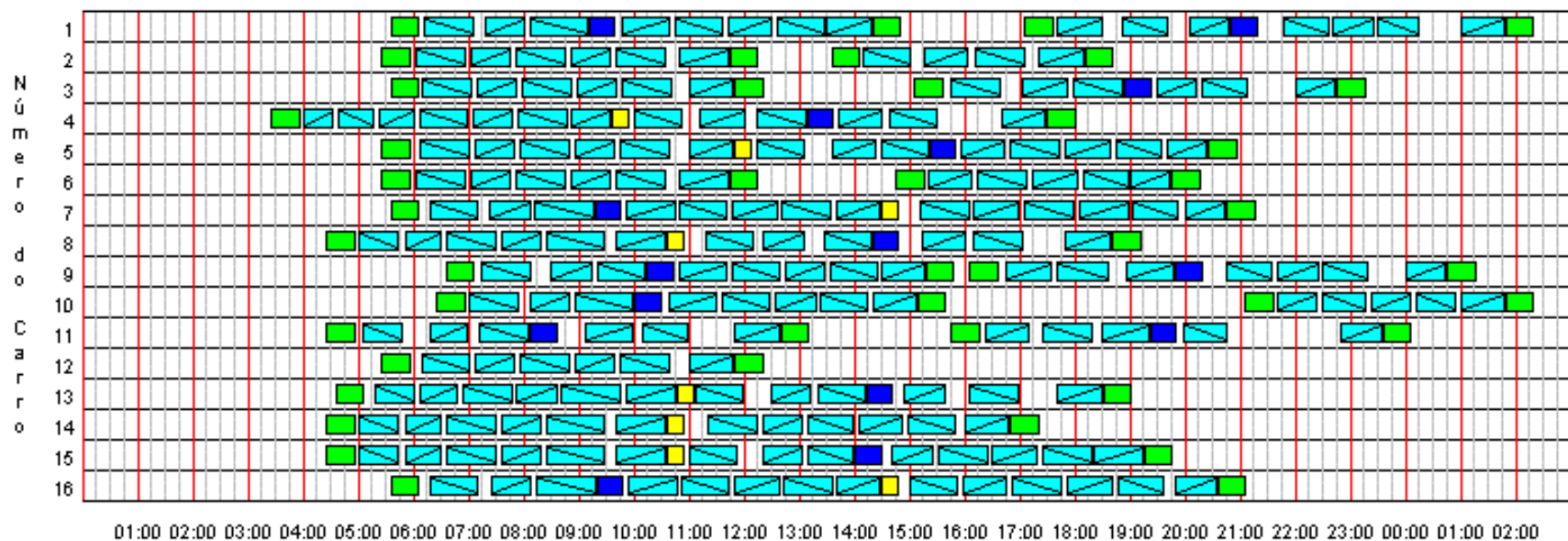
□ Paralelismo

- Assíncrono
- *Path Relinking*
- *Pool Elite*
- Diferentes funções objetivos
- Oscilação Estratégica Distribuída



Exemplo de Escalonamento

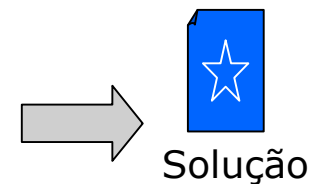
2280 Atividades por Carro



As atividades são representadas por retângulos. Diferentes atividades são representadas por cores e/ou linhas diagonais diferentes. O comprimento das figuras é proporcional à duração das atividades. O horário de início e término podem ser verificados através das linhas verticais, em vermelho de hora em hora e em cinza de 15 em 15 minutos.

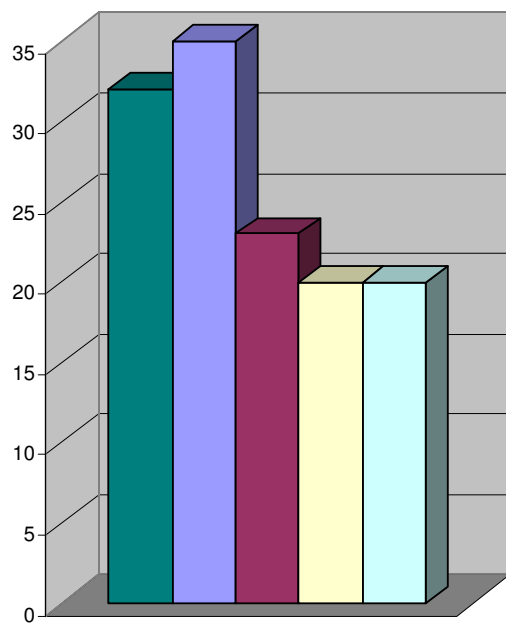
As diferentes figuras, com seus significados, estão abaixo :

- Light blue rectangle: Magem do PC1 para o PC1 (circular)
- Dark blue rectangle: Descanso
- Green rectangle: Magem da Garagem para o PC
- Light blue rectangle with diagonal line: Magem do PC1 para o PC2
- Yellow rectangle: Rendição
- Green rectangle with diagonal line: Magem do PC para a Garagem
- Light blue rectangle with diagonal line: Magem do PC2 para o PC1
- Red rectangle: Atividade selecionada

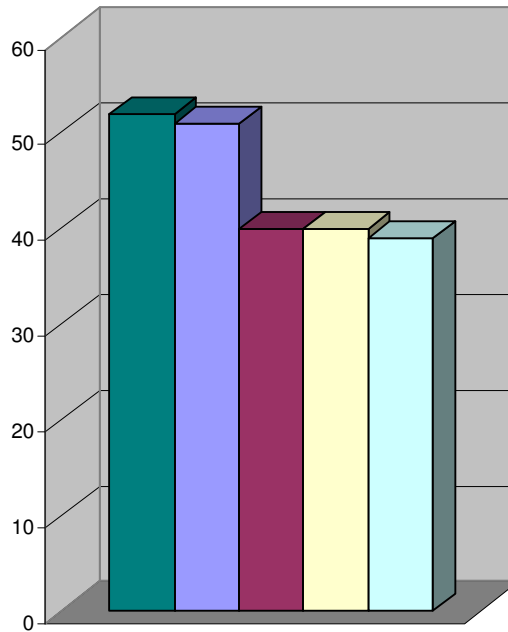


Resultados (Linha 702)

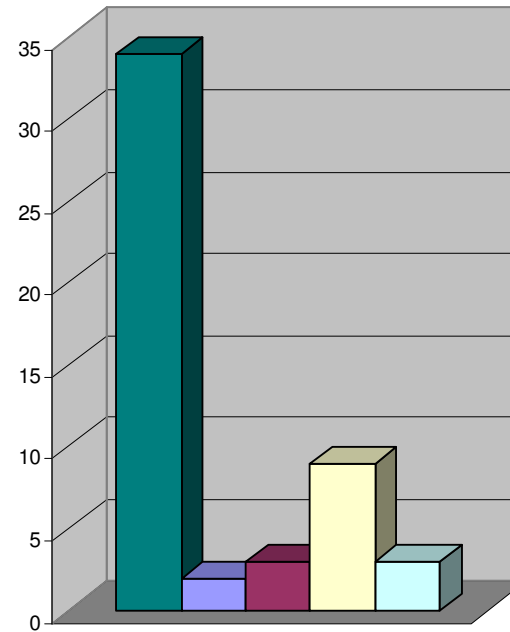
Número de Veículos



Número de Motoristas



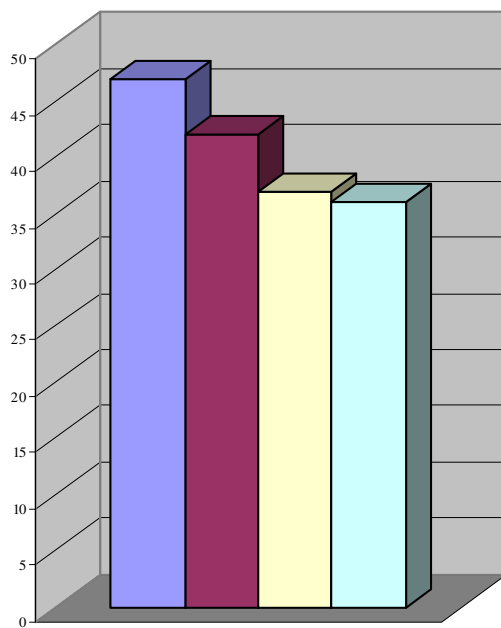
Totais de Horas-Extras



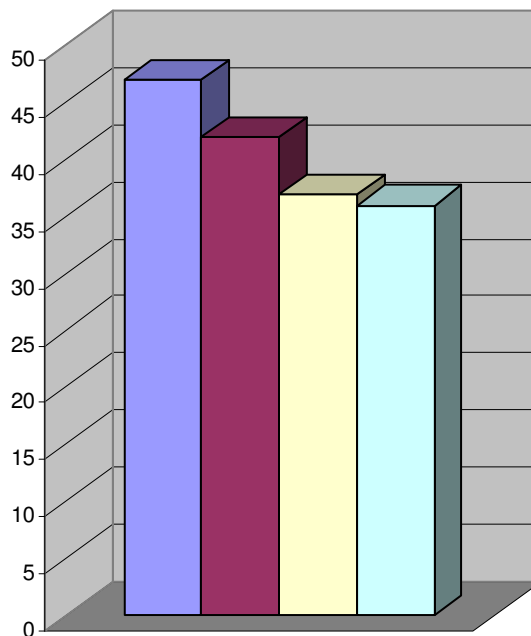
Manual PLI PR-PLI AGP BTP

Resultados (Linha 2210)

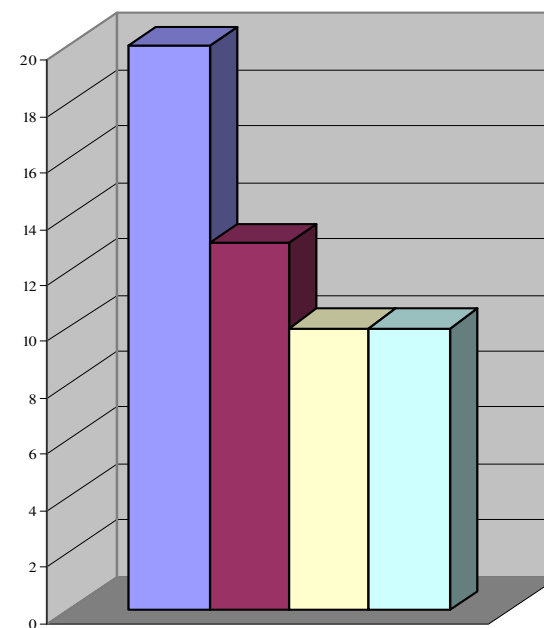
Número de Veículos



Número de Motoristas



Totais de Horas-Extras



■ PLI ■ PR-PLI ■ AGP ■ BTP

Resultados

- Redução significativa de recursos
 - Número de ônibus, motoristas e horas extras
- Melhorias sobre os trabalhos anteriores
 - Dissertações de Mestrado
- Algoritmo extremamente eficiente
 - Manual: *Dias*
 - Prog. Linear / Prog. Restrições: *Horas*
 - Abordagem proposta: *Poucos Minutos*
- Boa distribuição dos horários de partida das viagens.

Considerações Finais

- Fácil adaptação a diferentes realidades
 - Cobertura de viagens pré-determinadas
 - Modelagem multi-objetivo
 - *Crew rostering*
- Apresentação no evento INOVA Municípios
 - Contatos com gestores públicos
- Agradecimentos
 - FAPESP
 - SOBRAPO
 - Instituto de Computação / UNICAMP