

TRABALHO PRÁTICO Nº 2

## Resolução de Problema de Decisão/Otimização usando Programação em Lógica com Restrições

### Descrição

**Objetivo:** O objetivo deste trabalho é a construção de um programa em Programação em Lógica com Restrições para a resolução de um dos problemas de otimização ou decisão combinatória sugeridos neste enunciado. Adicionalmente, deverá ser elaborado um artigo descrevendo o trabalho realizado e os resultados obtidos.

**Sistema de Desenvolvimento:** O sistema de desenvolvimento recomendado é o SICStus Prolog, que inclui um módulo de resolução de restrições sobre domínios finitos: clp(FD).

### Condições de Realização

**Constituição dos Grupos:** Grupos de 2 estudantes, inscritos na mesma turma teórico-prática. Excepcionalmente e apenas em caso de necessidade, podem aceitar-se trabalhos individuais. Estudantes dispensados da frequência das aulas teórico-práticas (e.g. trabalhadores-estudantes) deverão contactar o docente no sentido de marcar sessões de acompanhamento do progresso e avaliação do trabalho.

#### Datas Importantes:

A partir de 21/11/2014	Formação dos grupos e escolha do enunciado no <i>Moodle</i> .
14/12/2014	Entrega, via <i>Moodle</i> , do artigo (formato PDF) e do código fonte desenvolvido. Submeter um único ficheiro ZIP com nome da forma:  PLOG_TP2_#Grupo.ZIP.  (Exemplo: PLOG_TP2_Xpto_1.ZIP)
15-19/12/2014	Demonstrações dos trabalhos nas aulas teórico-práticas.

**Peso das Avaliação:** Ver ficha da Unidade Curricular no SIGARRA.

**Esclarecimentos:** Esclarecimentos sobre o enunciado e a realização do trabalho devem ser obtidos, preferencialmente, junto dos docentes no decorrer das aulas teórico-práticas.

## TRABALHO PRÁTICO Nº 2

---

### Artigo

Cada grupo deve elaborar e entregar um artigo e realizar uma demonstração da aplicação desenvolvida. O artigo poderá ser escrito em Português ou Inglês no formato LNCS (Lecture Notes in Computer Science) da Springer. Para tal, a Springer disponibiliza no seu sítio web *templates* Word e LaTeX (<http://www.springer.com/computer/lncs?SGWID=0-164-6-793341-0>), que deverão ser utilizados para a escrita do artigo. O artigo deverá ter entre 6 a 8 páginas (excluindo anexos). Sugere-se que contenha as seguintes partes:

**Título:** que transparea o trabalho realizado (não tem que ser apenas o tema do trabalho).

**Autores e Afiliações:** identificação do trabalho e do grupo. Nas afiliações colocar a turma e o grupo segundo o seguinte exemplo: FEUP-PLOG, Turma 3MIEIC9, Grupo Xpto\_1.

**Resumo / Abstract:** Deve contextualizar e resumir o trabalho, salientando o objetivo, o método utilizado e fazendo referência aos principais resultados e à principal conclusão que esses resultados permitem obter.

**1. Introdução / Introduction:** Descrição dos objetivos e motivação do trabalho, referência sucinta ao problema em análise (idealmente, referência a outros trabalhos sobre o mesmo problema e sua abordagem), e descrição sucinta da estrutura do resto do artigo.

**2. Descrição do Problema / Problem Description:** Descrever com detalhe o problema de otimização ou decisão em análise.

**3. Abordagem / Approach:** Descrever a modelação do problema como um PSR, de acordo com as subsecções seguintes:

**3.1 Variáveis de Decisão / Decision Variables:** Descrever as variáveis de decisão e os seus domínios.

**3.2 Restrições / Constraints:** Descrever as restrições rígidas e flexíveis do problema e a sua implementação utilizando o SICStus Prolog.

**3.3 Função de Avaliação / Evaluation Function:** Descrever, quando for o caso, a forma de avaliar a solução obtida e a sua implementação utilizando o SICStus Prolog.

**3.4 Estratégia de Pesquisa / Search Strategy:** Descrever a estratégia de etiquetagem (*labeling*) utilizada ou implementada, nomeadamente no que diz respeito à ordenação de variáveis e valores.

**4. Visualização da Solução / Solution Presentation:** Explicar os predicados que permitem visualizar a solução em modo de texto.

**5. Resultados / Results:** Demonstrar exemplos de aplicação em instâncias do problema com diferentes complexidades e analisar os resultados obtidos. Devem ser utilizadas formas convenientes para apresentação dos resultados (tabelas e/ou gráficos).

**6. Conclusões e Trabalho Futuro / Conclusions and Future Work:** Que conclusões retira deste projeto? O que mostram os resultados obtidos? Quais as vantagens e limitações da solução proposta? Como poderia melhorar o trabalho desenvolvido?

**Bibliografia / References:** Livros, artigos, páginas Web, usados para desenvolver o trabalho, apresentados segundo o formato sugerido no *template*.

**Anexo / Annex:** Código fonte, ficheiros de dados e resultados, e outros elementos úteis que não sejam essenciais ao relatório (não são contabilizados para o limite de 6 a 8 páginas).

## TRABALHO PRÁTICO Nº 2

---

### Problemas de Otimização/Decisão Propostos

#### Puzzles (2D/3D)

1. Akari - <http://logicmastersindia.com/lmitests/dl.asp?attachmentid=430>
2. Arrows with Voids - <http://logicmastersindia.com/lmitests/dl.asp?v=0&attachmentid=431>
3. Barrels - <http://logicmastersindia.com/lmitests/dl.asp?attachmentid=469>
4. Drive Ya Nuts - <http://www.jaapsch.net/puzzles/circus.htm>
5. Easy as ABC - <http://logicmastersindia.com/lmitests/dl.asp?attachmentid=430>
6. Easy as Sum - <http://logicmastersindia.com/lmitests/dl.asp?attachmentid=469>
7. Fool's Spool - <http://www.jaapsch.net/puzzles/foolspool.htm>
8. Instant Insanity - <http://www.jaapsch.net/puzzles/insanity.htm>
9. Magellán - <http://www.jaapsch.net/puzzles/magellan.htm>
10. Star Battle - <http://logicmastersindia.com/lmitests/dl.asp?attachmentid=430>

#### Problemas de Otimização

11. Escalonamento de Dispositivos Elétricos
12. Distribuição de Frigoríficos
13. Alocação de Lotes de Terreno
14. Contratação e Horários de Funcionários
15. Produção e Custos de Armazenamento

### Descrição Resumida dos Problemas

#### Puzzles 2D/3D

Consultar os sítios para informações de problemas. A abordagem deve permitir lidar com tamanhos diferentes de tabuleiros e números diferentes de peças. É valorizada a geração dinâmica de problemas, e.g. gerar aleatoriamente o problema a ser resolvido. Deve ser possível visualizar a solução em modo de texto, de uma forma que facilite a sua validação.

#### Problemas de otimização

Seguem-se as descrições dos problemas. As abordagens devem permitir problemas com diferentes dimensões. São valorizadas experiências com dimensões elevadas. Deve ser possível visualizar a solução em modo de texto, de uma forma que facilite a sua validação.

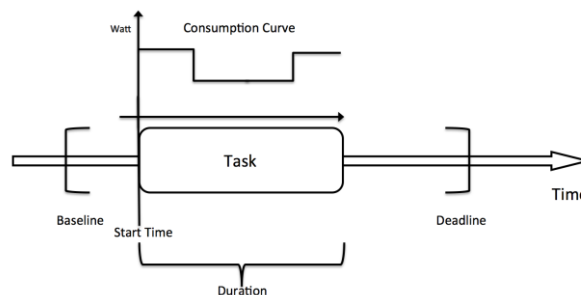
## TRABALHO PRÁTICO Nº 2

### 11. Escalonamento de Dispositivos Elétricos

As chamadas *smart grids* tornam potencialmente lucrativo o escalonamento inteligente de dispositivos elétricos. Alguns desses dispositivos, dada a natureza da sua utilização, não são escalonáveis, como por exemplo candeeiros ou televisões. Outros dispositivos podem ser escalonados para uma qualquer altura dentro de uma janela temporal, como por exemplo máquinas de lavar, fornos, ou termoacumuladores.

Os dados deste problema são os seguintes:

- Tarefas: são atividades consumidoras de energia, definidas por uma *baseline* (data de início mais cedo possível), *deadline* (data mais tarde para conclusão da tarefa), duração e curva de consumo energético em Watt (ver figura).



Fonte: Jaime Azevedo, *Effective Scheduling of Energy Consumption in Smart Grids*, MSc Thesis, FEUP, 2013.

Dependendo do dispositivo, o consumo energético ao longo da execução da tarefa pode ser constante ou variável, sendo conhecido de antemão.

- Preço da energia: assume-se que o preço da energia ao longo do dia é conhecido, variando consoante a hora do dia.
- Potência contratada: consumo máximo permitido em qualquer hora do dia (em kVA).
- Previsão de consumo não escalonável: corresponde a um conjunto de tarefas previstas, para as quais há um tempo de início fixo (logo, o seu *deadline* é igual ao *baseline* mais a duração).

A energia disponível para escalonamento de tarefas em cada hora do dia é a remanescente após retirado, à potência contratada, o consumo não escalonável previsto.

Pretende-se obter um escalonamento das tarefas escalonáveis, tendo em conta que:

- Todas as tarefas devem ser escalonadas numa janela temporal de 24h;
- Todas as tarefas devem ser executadas dentro da sua janela permitida, entre o *baseline* e o *deadline*;
- Em nenhum momento o consumo de energia pode ultrapassar a energia disponível.

Como critérios de otimização, pretende-se explorar as seguintes situações:

- Obter o escalonamento com o menor custo a pagar pela energia ao longo do dia;
- Obter um escalonamento conducente a um consumo energético o mais uniforme possível, permitindo avaliar a hipótese de baixar a potência contratada.

Defina o problema como um problema de satisfação de restrições, e resolva-o com PLR, de modo a que seja possível resolver problemas desta classe com diferentes parâmetros. Isto é, deverá ser possível resolver problemas com mais ou menos tarefas escalonáveis, com restrições parametrizáveis relativas aos custos da energia, previsões de consumo, etc.

## TRABALHO PRÁTICO Nº 2

### 12. Distribuição de Frigoríficos

Um fabricante de frigoríficos tem 3 fábricas, de onde abastece 3 clientes (distribuidores). No início de cada mês recebe de cada cliente a informação sobre o número de frigoríficos que pretende para esse mês. Esses frigoríficos terão que ser produzidos nas várias fábricas, atendendo à capacidade de produção de cada uma delas. O custo de transportar um frigorífico de cada fábrica para cada cliente é conhecido. O problema consiste em determinar que fábrica(s) deve(m) abastecer cada cliente, e em que quantidades, de forma a que, respeitando as capacidades de produção das fábricas e satisfazendo as necessidades dos clientes, o custo total de transporte seja minimizado. A tabela seguinte mostra as capacidades de produção em cada fábrica, as necessidades dos clientes e os custos unitários de transporte (em euros).

		Clientes		
		1	2	3
necessidades →		10	30	20
capacidade de produção		custo de transporte		
Fábricas	1	10	20	15
	2	5	25	10
	3	5	5	30

Defina o problema como um problema de satisfação de restrições e resolva-o com PLR, de modo a que seja possível resolver problemas desta classe com diferentes parâmetros. Isto é, deverá ser possível resolver problemas para diferentes números de clientes e fábricas, com restrições parametrizáveis relativas aos custos de transporte e necessidades dos clientes, etc.

## TRABALHO PRÁTICO Nº 2

---

### 13. Alocação de Lotes de Terreno

Na elaboração do PDM (Plano Diretor Municipal) de uma cidade efetuou-se uma identificação de diferentes lotes para construção. Cada lote tem um conjunto de características físicas, como o tipo de solo e o declive, bem como um custo associado ao terreno. Para além disso, interessa ter em conta informação sobre a localização de cada lote: proximidade a autoestradas, a lagos, a centrais elétricas, a estações de comboio, ...

Pretende-se decidir em que lotes se deve investir para determinadas utilizações, como por exemplo: uma área de lazer, um complexo de apartamentos, um agrupamento de casas para habitação, um cemitério, um aterro e uma escola. Alguns critérios a ter em conta poderão ser:

- A área de lazer deve estar próxima de uma zona com água (e.g. um lago);
- Devem ser evitados terrenos inclinados em edifícios, cemitérios e aterros;
- Devem ser evitadas construções em solos pobres;
- Os apartamentos, casas e áreas de lazer não devem estar próximos de autoestradas, devido ao ruído que provocam;
- O aterro deve ficar afastado de zonas com água, devido ao risco de contaminação.
- A escola deve ter boas acessibilidades.

Para além de procurar satisfazer estes ou outras restrições, a solução a encontrar deve minimizar o custo total de aquisição dos terrenos.

Defina o problema como um problema de satisfação de restrições e resolva-o com PLR, de modo a que seja possível resolver problemas desta classe com diferentes parâmetros. Isto é, deverá ser possível resolver problemas para diferentes números de lotes e suas características, com restrições parametrizáveis relativas às exigências de cada utilização, etc.

## TRABALHO PRÁTICO Nº 2

### 14. Contratação e Horários de Funcionários

Uma empresa que presta vários serviços necessita dos seguintes funcionários no período de atendimento do público:

<i>Hora</i>	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
<i>Número de funcionários</i>	4	3	3	6	5	6	8	8

Os funcionários são contratados a tempo inteiro, com horário das 9h às 17h e uma hora para almoço (das 12h às 13h ou das 13h às 14h) ou a tempo parcial, em que trabalham 3 horas consecutivas. Os primeiros recebem 80u.m. (unidades monetárias) por hora (incluindo a hora de almoço), ao passo que os contratados a tempo parcial recebem 50u.m. por hora. Sabemos também que um funcionário a tempo inteiro está disposto a trabalhar na sua hora de almoço a troco de mais 40u.m., e um funcionário a tempo parcial trabalha uma hora adicional por mais 60u.m. No entanto, os sindicatos impedem que mais do que 2 funcionários estejam nesta situação.

Para manter a qualidade do serviço a empresa não quer contratar mais de 5 funcionários a tempo parcial, nem quer que o número destes funcionários ultrapassem os 30% em relação aos funcionários permanentes. Como deve a empresa proceder, em termos de contratação, de modo a que o custo seja mínimo? Qual deverá ser o horário de cada funcionário, e quantos funcionários estarão efetivamente disponíveis para cada hora?

Defina o problema como um problema de satisfação de restrições, e resolva-o com PLR, de modo a que seja possível resolver problemas desta classe com diferentes parâmetros, isto é, deverá ser possível resolver problemas com horários diferentes, com diferente número de funcionário requeridos por *slot*, diferentes salários, etc.

**TRABALHO PRÁTICO Nº 2**

**15. Produção e Custos de Armazenamento**

Uma empresa decidiu produzir 3 novos produtos A, B e C em cinco das suas fábricas. A capacidade de produção de cada uma das fábricas 1, 2, 3, 4 e 5 é 200, 300, 200, 300 e 500 unidades diariamente. Os custos unitários de produção são:

Produto	Fábricas				
	1	2	3	4	5
A	31	29	0	28	29
B	45	41	46	42	43
C	38	35	40	0	0

Sabe-se ainda que:

- a fábrica 1 pode produzir qualquer combinação dos 3 produtos;
- a fábrica 2 pode produzir os três produtos na seguinte proporção: 1 unidade de A para 2 de B e 3 de C;
- a fábrica 3 pode produzir os produtos B e C em qualquer proporção;
- as fábricas 4 e 5 podem produzir os produtos A e B na proporção de 2 de A para 1 de B.

Durante o próximo ano espera-se que as vendas diárias sejam as seguintes:

Produtos	Janeiro a Abril	Maio a Agosto	Setembro a Dezembro
A	500	300	400
B	500	100	700
C	300	500	600

A empresa pretende que no fim de cada período de 4 meses fiquem em armazém 150 unidades de cada produto, pelo menos. No início do ano tem 100 unidades de cada produto guardadas.

Durante um período de 4 meses existem 1800 horas de trabalho disponíveis. Uma unidade dos produtos A, B e C requer 2, 4 e 3 horas de trabalho, respetivamente. Os produtos A não podem ser fabricados no último período.

Supondo que cada unidade dos produtos em armazém no fim de um período custa 5u.m., a empresa pretende planear a sua produção durante o próximo ano de forma a satisfazer as necessidades e minimizar o custo total de armazenagem.

Defina o problema como um problema de satisfação de restrições, e resolva-o com PLR, de modo a que seja possível resolver problemas desta classe com diferentes parâmetros, isto é, deverá ser possível resolver problemas com mais ou menos produtos e fábricas, com restrições parametrizáveis relativas às produções de produtos por fábricas, etc.