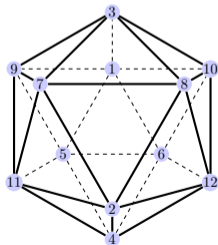


Metaheurísticas - Introdução & Problemas

Alexandre Checoli Choueiri

19/02/2023



1 Problemas

- 1.1 O problema do caixeiro viajante - TSP
- 1.2 O problema de roteirização de veículos (VRP)
- 1.3 O problema da mochila
- 1.4 Bin packing problem
- 1.5 O problema do carregamento 2D
- 1.6 Carregamento 3D
- 1.7 Localização de facilidades (p -medianas) - estratégico
- 1.8 Balanceamento de linhas de produção - estratégico
- 1.9 Planejamento da produção - tático
- 1.10 Programação da produção - sequenciamento - operacional
- 1.11 Problema de planejamento de projetos
- 1.12 Problema de designação
- 1.13 Problema de planejamento escalas de trabalho
- 1.14 Problema do *timetabling*

2 Atividade

Vamos começar o nosso estudo entendendo os **tipos de problemas** que poderemos resolver. Após entender bem o "sabor" desses problemas (problemas de otimização), entenderemos quais métodos podem ser utilizados para resolvê-los.

O objetivo aqui é abrir a cabeça de vocês, mostrando que os **problemas de otimização permeiam todas as áreas!**

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP)

O problema do caixeiro viajante (TSP)

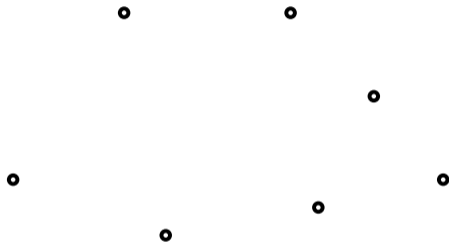
Seja $G = (N, E)$ um grafo em que N é um conjunto de vértices e $E = \{(i, j), i \in N, j \in N\}$, o conjunto de arestas ligando os vértices, e ainda $f : (i, j) \rightarrow \mathbb{R}$ uma função que atribui pesos aos arcos. O problema do caixeiro viajante consiste em se determinar uma rota que visite todos os vértices de G sem repetição, de forma que a soma dos pesos das arestas utilizadas seja mínimo

¹TSP.

¹Traveling Salesman Problem

Problemas

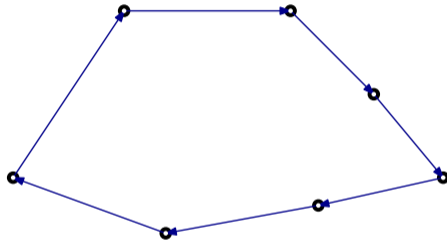
O problema do caixeiro viajante (TSP)



Os nós de um grafo podem ser pensados como pontos no espaço.

Problemas

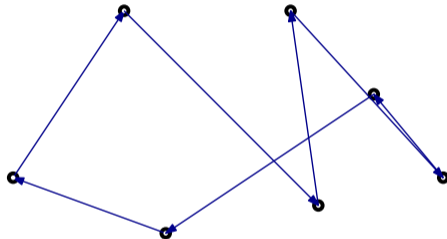
O problema do caixeiro viajante (TSP)



O problema se resume então a ligar todos os pontos, partindo de, e retornando ao mesmo ponto, de forma que o **somatório das distâncias entre os pontos seja mínima**.

Problemas

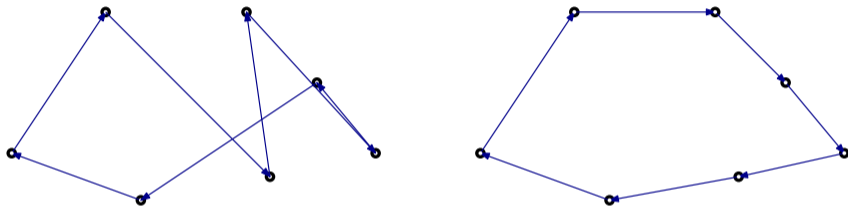
O problema do caixeiro viajante (TSP)



Note que existem muitas (mas **muitas mesmo...**) combinações possíveis para se realizar essa tarefa. Algumas melhores do que outras.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP)

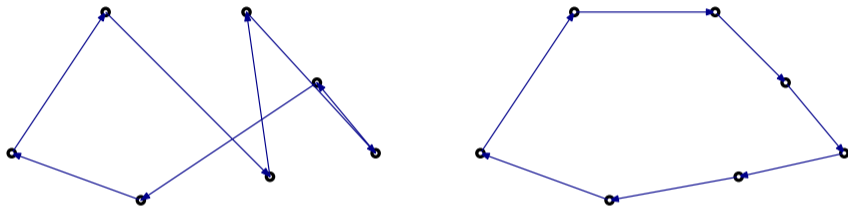


Qual das duas soluções acima você acha que é a melhor?

É importante ressaltar o que **não** constitui uma solução viável para um determinado problema, ou seja, uma solução **infectível**.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP)

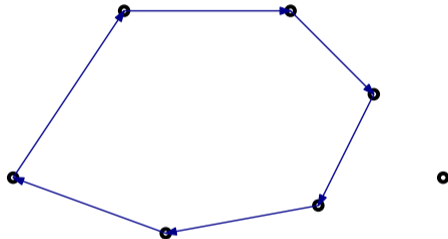


Qual das duas soluções acima você acha que é a melhor? **Claro que a segunda!**

É importante ressaltar o que **não** constitui uma solução viável para um determinado problema, ou seja, uma solução **infectível**.

Problemas

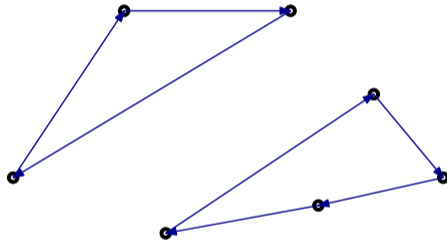
O problema do caixeiro viajante (TSP)



No caso acima, existe um ponto que não está no percurso, portanto a solução é **infactível**.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP)



No caso acima, existem subrotas, o que não é permitido no problema do caixeiro viajante, sendo também uma solução **infactível**.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP): aplicações

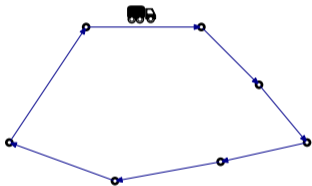
Quais situações podem ser representadas como um problema do caixeiro viajante (*traveling salesman problem* - TSP)?



Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP): aplicações

ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

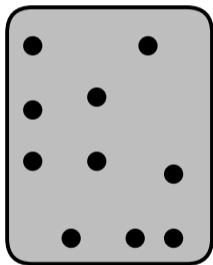


A aplicação mais natural é de fato em roteirização de veículos. Um veículo deve fazer entregas ou coletas em N locais, e retornar ao ponto inicial.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP): aplicações

CIRCUITOS ELETRÔNICOS (2D e 3D)

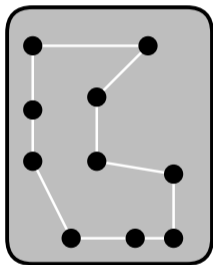


Conectar N pontos elétricos usando a menor quantidade de fio possível.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP): aplicações

CIRCUITOS ELETRÔNICOS (2D e 3D)

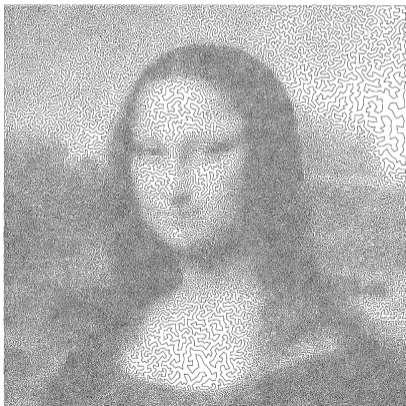


Conectar N pontos elétricos usando a menor quantidade de fio possível.

Problemas

O problema do caixeiro viajante (TSP): aplicações

CRIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE



A solução ótima desta instância do problema com 100k pontos gera a obra de arte de Leonardo da Vinci. Para motivar a criação de novas soluções, um prêmio de \$1000 é oferecido ([link](#)).

Problemas

O problema de roteirização de veículos (VRP)

O problema de roteirização de veículos (VRP)

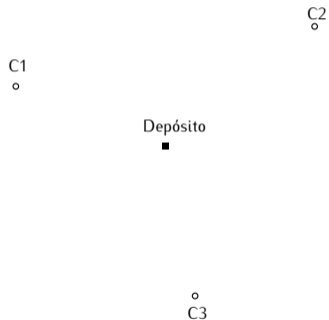
Seja $G = (N, E)$ um grafo em que N é um conjunto de vértices e $E = \{(i, j), i \in N, j \in N\}$, o conjunto de arestas ligando os vértices, e ainda $f : (i, j) \rightarrow \mathbb{R}$ uma função que atribui pesos aos arcos. A cada vértice é atribuído uma demanda, e existem K veículos de mesma capacidade Q . Encontrar as menores rotas para os veículos, de tal forma que todos os clientes sejam atendidos, as capacidades não sejam excedidas, e todos os veículos deve sair do, e voltar ao depósito.

²VRP.

²Vehicle Routing Problem

Problemas

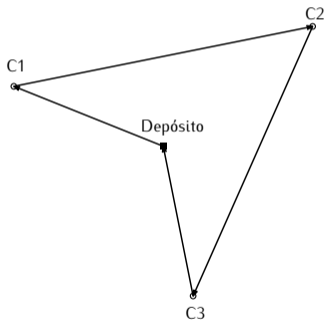
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Diferentemente do TSP, o VRP sai e volta de um depósito.

Problemas

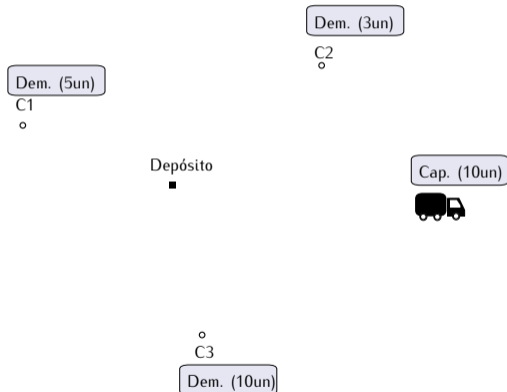
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Todos os pontos ainda
devem ser visitados.

Problemas

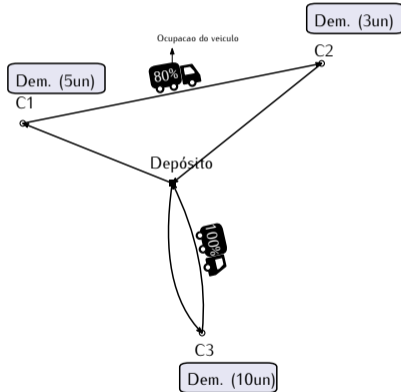
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Cada ponto possui uma **demanda**, e cada veículo uma **capacidade** de transporte

Problemas

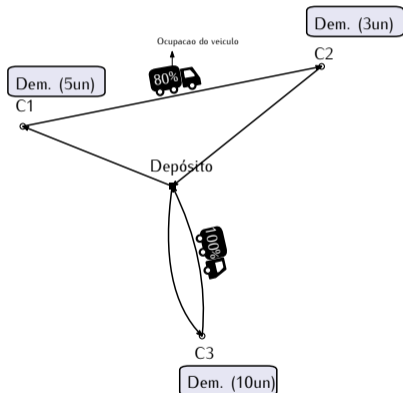
O problema de roteirização de veículos (VRP)



No problema original existe um número ilimitado de veículos de capacidades iguais.

Problemas

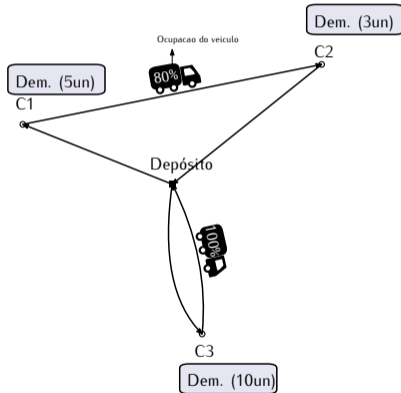
O problema de roteirização de veículos (VRP)



O objetivo é então duplo: minimizar tanto as distâncias percorridas pelos veículos quanto o número total de veículos.

Problemas

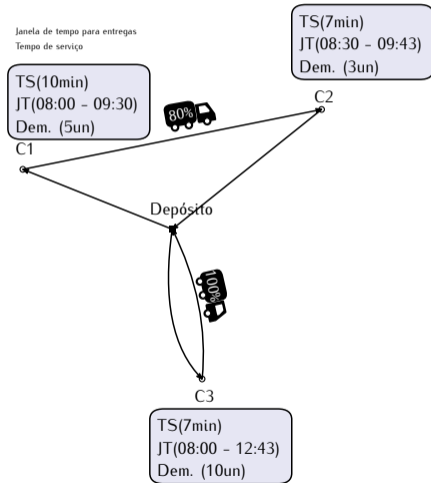
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Sem exceder as capacidades dos mesmos.

Problemas

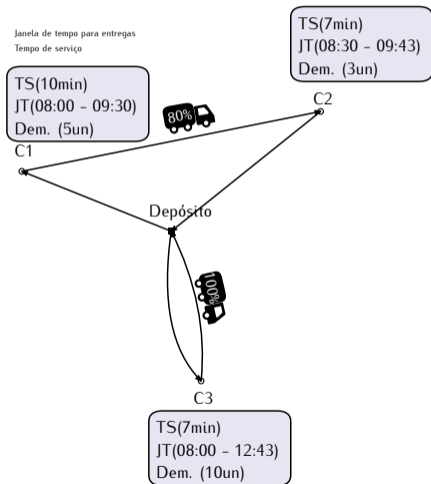
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Uma extensão comum do VRP é a adição de **janelas de tempo** (time windows) VRPTW.

Problemas

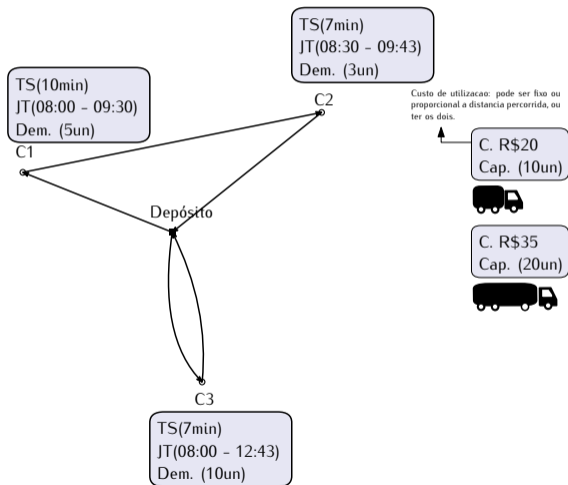
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Cada cliente possui uma janela de tempo que pode ser atendido, bem como um tempo de processamento. Se o veículo chegar antes ou depois da janela a coleta não é realizada.

Problemas

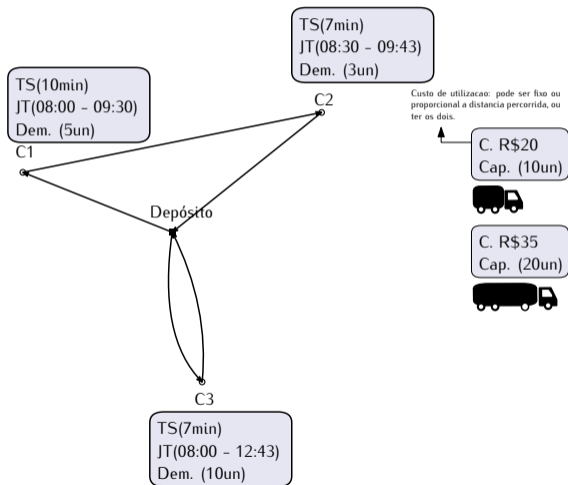
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Uma outra extensão é o caso com veículos limitados e **heterogêneos**. (HVRPTW).

Problemas

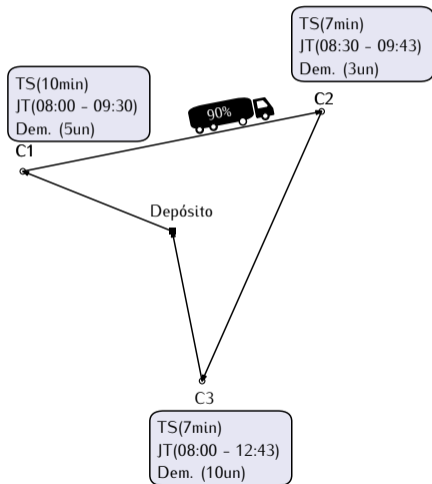
O problema de roteirização de veículos (VRP)



Nesta variante existem veículos com capacidades diferentes, porém custos por utilização também diferentes.

Problemas

O problema de roteirização de veículos (VRP)



A rota pode ser feita por diversos veículos menores, poucos maiores, ou uma combinação.

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

O problema da mochila

Dado um conjunto de objetos de tamanhos diferentes com valorações diferentes e uma "mochila" (*bin*) de capacidade finita. O problema da mochila consiste em determinar qual subconjunto de objetos será empacotado na mochila, de forma a maximizar o somatório dos valores de todos os itens, sem exceder a capacidade da mochila.

3

³*knapsack problem*

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.
4. Você tentará levar os itens mais "úteis" que caibam na mochila.

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.
4. Você tentará levar os itens mais "úteis" que caibam na mochila.

	Ipod	Abobrinha	H_2O	Canivete	Carne	Arroz	Aveia	PS4
Valor								
Peso								

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.
4. Você tentará levar os itens mais "úteis" que caibam na mochila.

	Ipod	Abobrinha	H_2O	Canivete	Carne	Arroz	Aveia	PS4
Valor	10	8	5	15	25	17	8	30
Peso	50	55	60	45	15	25	35	25

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.
4. Você tentará levar os itens mais "úteis" que caibam na mochila.

	Ipod	Abobrinha	H ₂ O	Canivete	Carne	Arroz	Aveia	PS4
Valor	10	8	5	15	25	17	8	30
Peso	50	55	60	45	15	25	35	25

Considerando uma mochila com capacidade $C = 130$, o que você levaria? Qual a carga e a utilidade total da mochila?

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.
4. Você tentará levar os itens mais "úteis" que caibam na mochila.

	Ipod	Abobrinha	H ₂ O	Canivete	Carne	Arroz	Aveia	PS4
Valor	10	8	5	15	25	17	8	30
Peso	50	55	60	45	15	25	35	25

Considerando uma mochila com capacidade $C = 130$, o que você levaria? Qual a carga e a utilidade total da mochila?

Problemas

O problema da mochila - *knapsack problem*

1. Imagine que você vai acampar na floresta e só possui uma mochila.
2. Os itens que serão levados devem ser escolhidos com cuidado, pois a mochila possui uma capacidade limitada.
3. De forma que cada item têm um *valor* diferente.
4. Você tentará levar os itens mais "úteis" que caibam na mochila.

	Ipod	Abobrinha	H ₂ O	Canivete	Carne	Arroz	Aveia	PS4
Valor	10	8	5	15	25	17	8	30
Peso	50	55	60	45	15	25	35	25

Considerando uma mochila com capacidade $C = 130$, o que você levaria? Qual a carga e a utilidade total da mochila? **Capacidade: 130, Utilidade: 50**

Problemas

Bin packing problem

1. O BPP é como o problema da mochila, porém não existe um *valor* para cada carga, mas sim uma **quantidade** de cada item.
2. Diferentemente do problema da mochila, no BPP temos um número ilimitado de mochilas, e precisamos carregar todos os itens na menor quantidade possível.

	Ipod	Abobrinha	H ₂ O	Canivete	Carne	Arroz	Aveia	PS4
Qtde	10	8	5	15	25	17	8	30
Peso	50	55	60	45	15	25	35	25

Considerando mochilas com capacidade $C = 500$. Qual é o menor número de mochilas necessárias para empacotar todos os itens?

Problemas

Bin packing problem

Quais situações podem ser representadas como um BPP?

Problemas

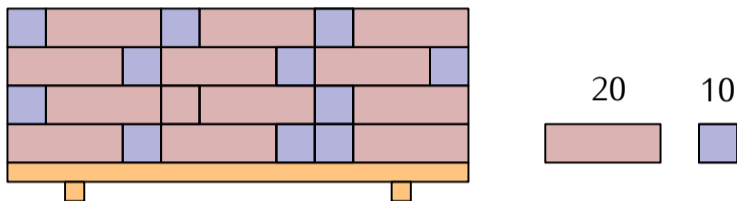
Bin packing problem

Quais situações podem ser representadas como um BPP?

O BPP é um problema base da otimização, ou seja, ele pode representar diversos outros problemas, ou mesmo ser usado para parte da resolução em problemas mais complexos. Vejamos 2 exemplos (carregamento de paletes e VRP).

Problemas

Bin packing problem

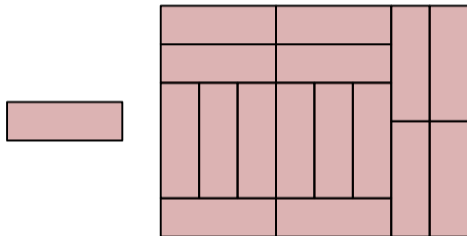


No problema de carregamento de paletes (*pallet loading problem*), temos um número de caixas diferentes (tridimensionais), cada uma com uma quantidade. Precisamos encontrar uma forma de carregar todas as caixas usando a menor quantidade de paletes possível.

Problemas

Bin packing problem

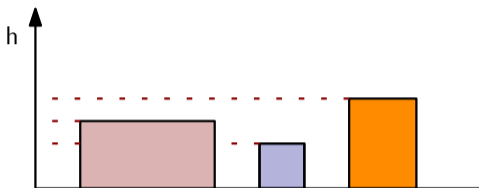
Padrão de carregamento para a caixa



Usualmente, as caixas possuem instruções do próprio fabricante, indicando como fazer uma **camada** (de caixas do mesmo tipo) em um palete.

Problemas

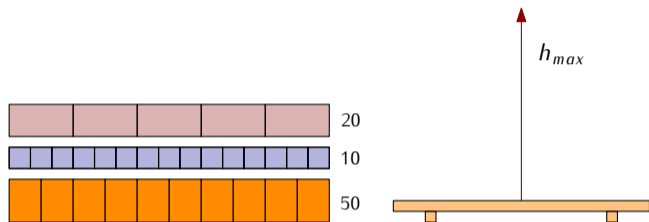
Bin packing problem



Se considerarmos somente as camadas completas, não precisamos nos preocupar com a parte 3D do problema. Cada camada possui uma altura (que é a altura da caixa que a compõe).

Problemas

Bin packing problem



Assim, fazendo um pré processamento nas caixas, calculando quantas camadas completas temos de cada uma, o problema se resume a determinar quantas camadas de cada caixa compõe cada palete, de forma a minimizar o número de paletes utilizados. **Ou seja, o BPP!**

Problemas

Bin packing problem

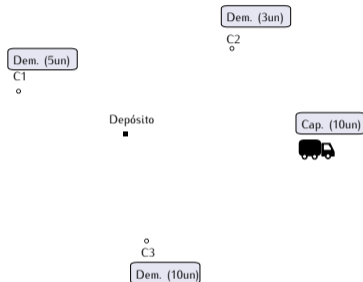
A tabela de dados do problema ficaria algo como:

	Camada1	Camada2	Camada3	Camada4	Camada5
Qtde	10	8	5	15	25
Altura	50	55	60	45	15

E os paletes teriam uma altura máxima permitida H .

Problemas

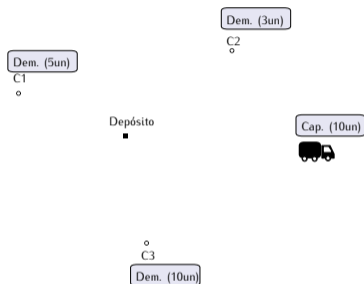
Bin packing problem



A mesma idéia pode ser usada em algoritmos para resolução do VRP. Lembre que cada cliente possui uma **demanda**, e cada veículo uma **capacidade**.

Problemas

Bin packing problem



Podemos pensar em um método de resolução em duas partes:

- Determinar quais grupos de clientes serão atendidos pelos mesmos carros.
- Para cada grupo desses, encontrar a melhor rota.

Problemas

Bin packing problem

Note que, novamente, a primeira parte da solução é basicamente um BPP. Devemos "encher" os carros com todos os clientes, usando a menor quantidade de carros possível. A tabela de dados ficaria da seguinte forma:

	Cliente1	Cliente2	Cliente3	Cliente4	Cliente5
Qtde	1	1	1	1	1
Demanda	50	55	60	45	15

E os veículos tem uma capacidade total **C**.

Problemas

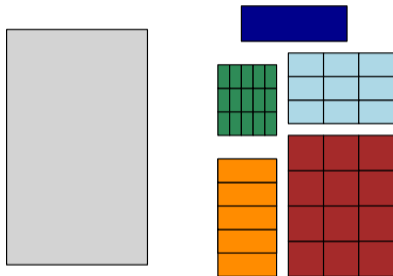
Carregamento 2D - *2D knapsack problem*

O problema da mochila 2D

Dado um conjunto de objetos retangulares de comprimentos e larguras diferentes, tentar empacotar a maior quantidade de objetos possíveis em um retângulo maior, de forma minimizar a área perdida no retângulo maior.

Problemas

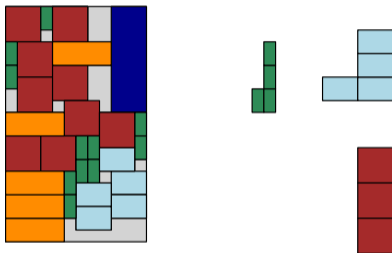
Carregamento 2D - *2D knapsack problem*



Como carregar os retângulos menores dentro do retângulo maior?

Problemas

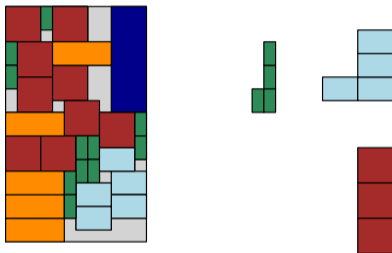
Carregamento 2D - *2D knapsack problem*



Note que não foi possível carregar todos os retângulos. Tentamos **maximizar** a área ocupada no retângulo maior.

Problemas

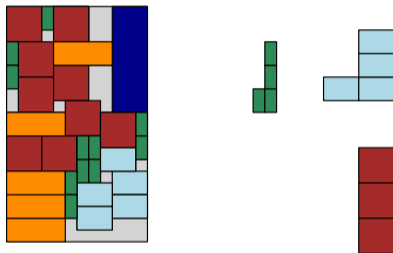
Carregamento 2D - *2D knapsack problem*



Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

Problemas

Carregamento 2D - *2D knapsack problem*

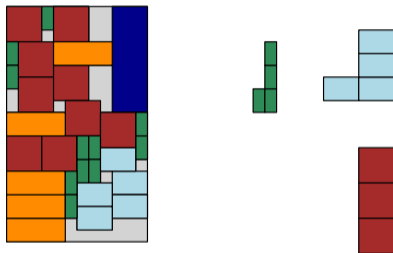


Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Corte de linha branca

Problemas

Carregamento 2D - *2D knapsack problem*

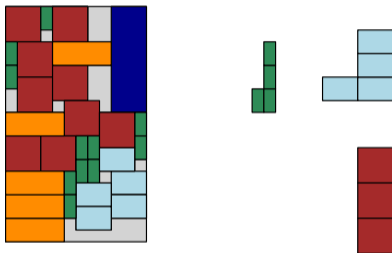


Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Corte de linha branca
- Corte de tecidos

Problemas

Carregamento 2D - *2D knapsack problem*

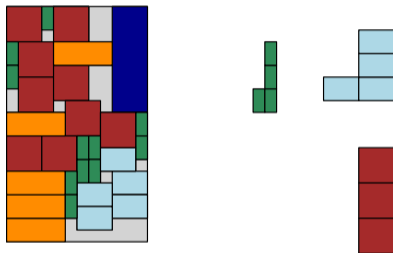


Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Corte de linha branca
- Corte de tecidos
- Corte de papel

Problemas

Carregamento 2D - *2D knapsack problem*

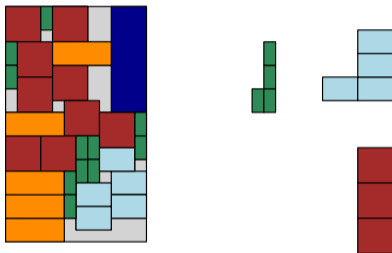


Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Ajuste de layout em jornais/paginas web

Problemas

Carregamento 2D - *2D knapsack problem*



Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Ajuste de layout em jornais/paginas web
- Paletização de caixas em camadas

Problemas

Carregamento 2D - *2D knapsack problem*

O problema de carregamento de contêineres

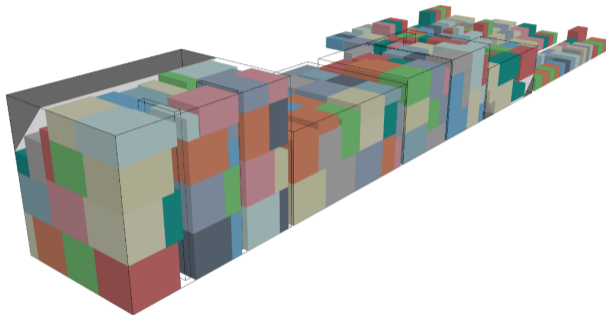
Dado um conjunto de caixas e um contêiner, alocar as caixas dentro do contêiner de forma a maximizar o espaço utilizado.

CLP ⁴

⁴ *Container Loading Problem*

Problemas

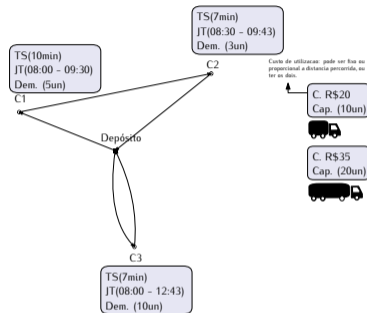
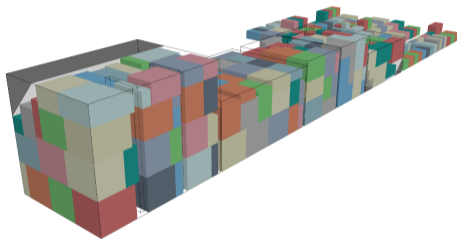
Carregamento 3D - *Container loading problem*



Como carregar o maior número possível de caixas?

Problemas

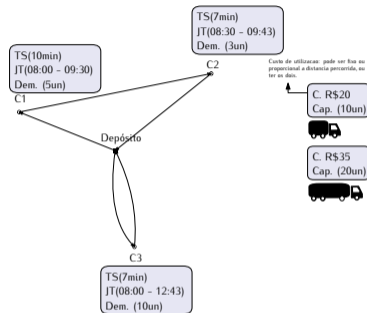
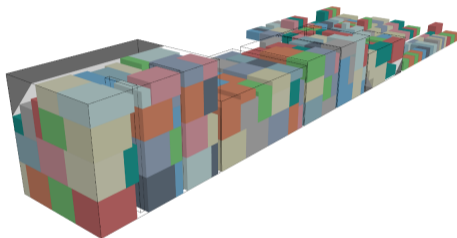
Carregamento + roteirização



Muitos problemas podem ser mesclados, de forma a unificar as decisões de otimização em um único contexto. Isso **infelizmente** deixa os problemas mais difíceis (e mais atraentes de serem resolvidos).

Problemas

Carregamento + roteirização



Imagine o VRP com todas as restrições, porém as demandas e capacidades dos veículos não são escalares, mas volumétricas. Volume dos veículos e caixas nas demandas. **Quais restrições estariam envolvidas nessa variante?**

Problemas

Estratégicos, táticos e operacionais

- À cada nível hierárquico de gerenciamento estão associados diversos problemas de produção: *estratégico*, *tático* e *operacional*
 1. *Estratégico*: trata das decisões a longo prazo, compra de máquinas, localização de facilidades, balanceamento de linhas de produção.
 2. *Tático*: trata do planejamento de atividades a médio prazo. Decisões como níveis de mão de obra, hora extra, quantidades a serem produzidas, todas em relação às demandas agregadas.
 3. *Operacional*: controla as atividades em nível diário, com informações provenientes do nível tático. Designação de tarefas às máquinas e programação (*scheduling*) das tarefas em cada máquina (horário de início e fim).

Problemas

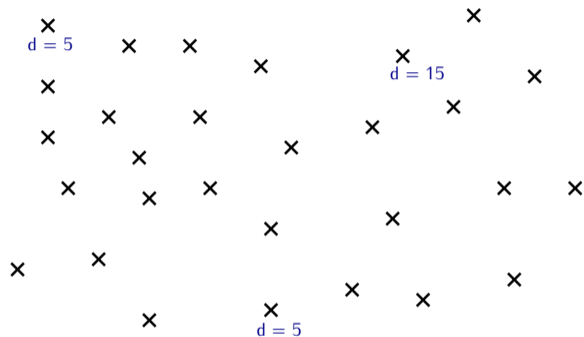
Localização de facilidades

O problema de localização de facilidades

Dado um conjunto de pontos distribuídos geograficamente em que cada ponto possui uma demanda, e um número p de centros de distribuição, cada um com uma capacidade de fornecimento, determinar a melhor localização dos centros de distribuição de forma a atender todas as demandas e minimizar as distâncias totais entre os clientes e os centros.

Problemas

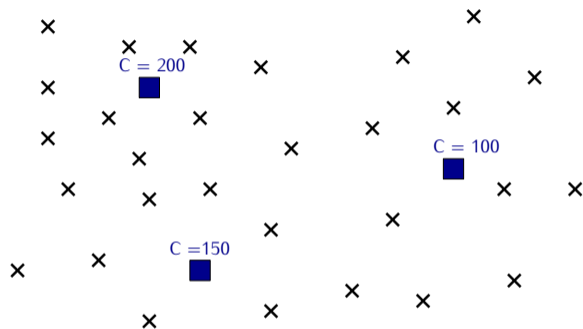
Localização de facilidades



Cada elemento possui uma demanda que deve ser atendida.

Problemas

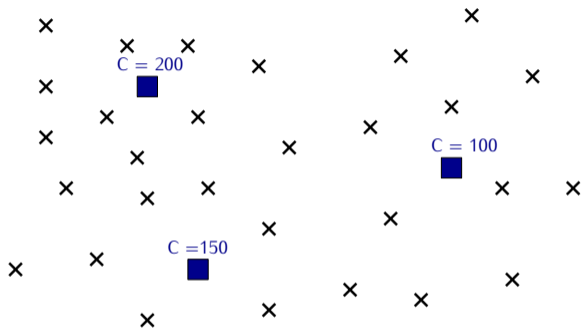
Localização de facilidades



Existem p centros que possuem, cada um, uma capacidade.

Problemas

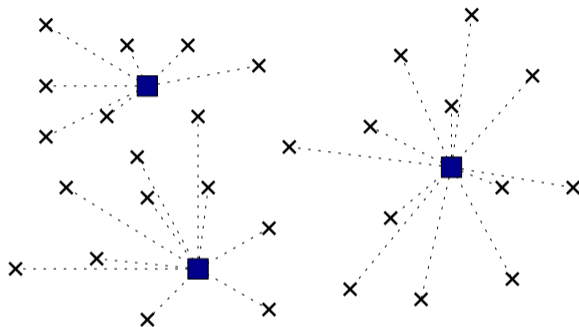
Localização de facilidades



Onde localizar os centros, e a quais pontos atribuí-los, de forma a atender todas as demandas?

Problemas

Localização de facilidades

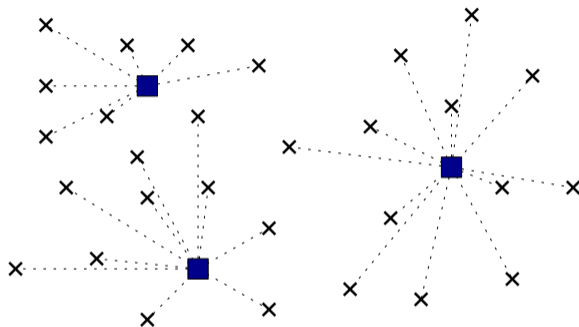


Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Localização de cilos de armazenagem de grãos

Problemas

Localização de facilidades

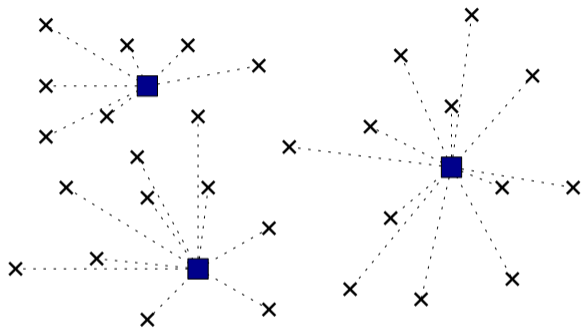


Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Localização de cilos de armazenagem de grãos
- Localização de estações móveis para vacinação de COVID

Problemas

Localização de facilidades



Quais aplicações existem para este tipo de problema (e suas soluções)?

- Localização de cilos de armazenagem de grãos
- Localização de estações móveis para vacinação de COVID
- Localização de centros de distribuição

Problemas

Balanceamento de linhas de produção

O problema de balanceamento de linhas de produção

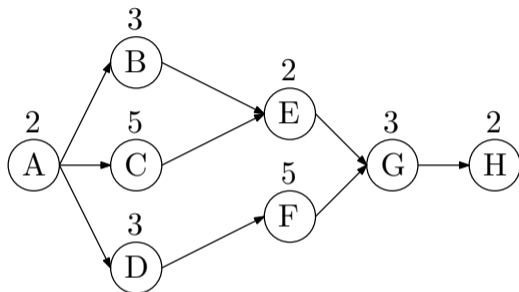
O problema de balanceamento de linhas simples, consiste em, dado uma linha de produção (grafo de precedências), em que cada nó do grafo representa uma tarefa a ser realizada, e cada tarefa possui um tempo de processamento, bem como o tempo de ciclo da linha, alocar tarefas a serem realizadas a postos, com o objetivo de minimizar o número total de postos. A minimização dos postos implica na minimização dos trabalhadores alocados à linha

SALBP1⁵.

⁵Simple Assembly Line Balancing Problem

Problemas

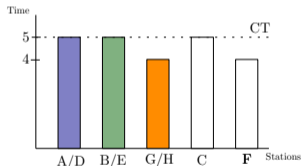
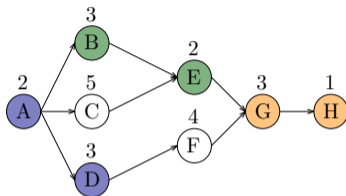
Balanceamento de linhas de produção



Quais tarefas podem ser agrupadas em postos, de forma que o tempo de ciclo não seja excedido, e as restrições de precedência sejam satisfeitas?

Problemas

Balanceamento de linhas de produção



Considerando um tempo de ciclo de 5 unidades, a solução acima é factível.

Problemas

Planejamento da produção

O problema do planejamento da produção

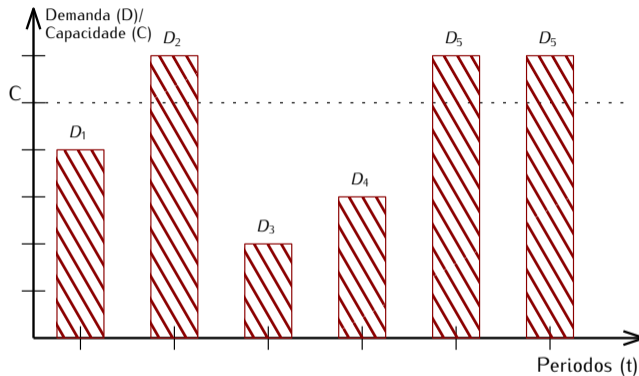
Dado um horizonte de planejamento de t períodos, em que existe uma demanda em cada um, bem como um custo para armazenamento dos itens no estoque e uma capacidade de produção. O problema requer a determinação das quantidades a serem produzidas em cada período, de forma a atender a demanda do produto e minimizar os custos de estoque.

Planejamento da produção ⁶

⁶Lot Sizing Problem

Problemas

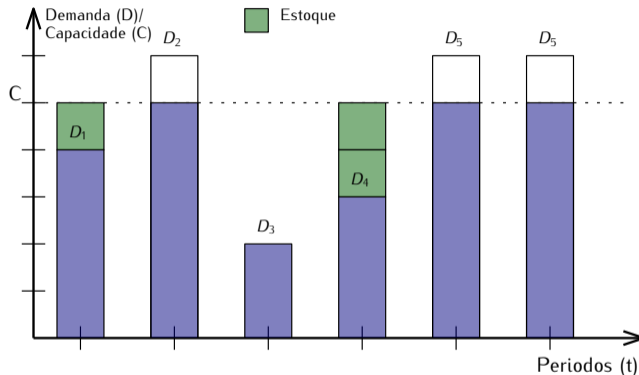
Planejamento da produção



Quanto produzir em cada período, sem exceder a capacidade e minimizando o estoque?

Problemas

Planejamento da produção



O planejamento acima detém custos de estoques, mas atende às demandas de todos os períodos.

Problemas

Programação da produção - sequenciamento

Programação da produção

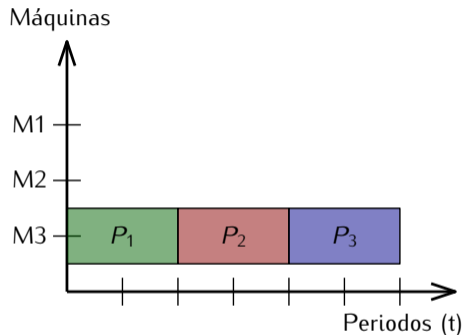
O sequenciamento de produção desdobra o planejamento para o nível operacional: cada produto tem um tempo de processamento, uma data de entrega, um conjunto de máquinas em que pode ser processado e um tempo de setup em cada máquina. Determinar quais produtos devem ser processados em quais máquinas e em quais períodos de tempo, de forma que o tempo total de produção seja minimizado.

Programação da produção⁷

⁷Scheduling, JOB shop scheduling, flow shop scheduling

Problemas

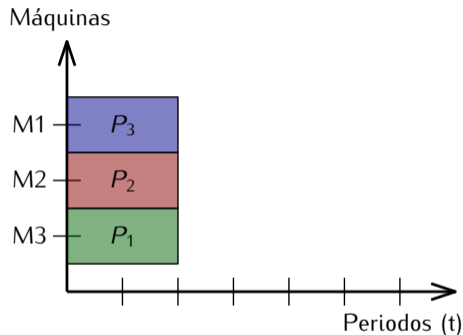
Programação da produção - sequenciamento



Considerando 3 produtos que podem ser processados em 3 máquinas, cada um leva um tempo de 2 unidades de processamento. A solução acima é factível.

Problemas

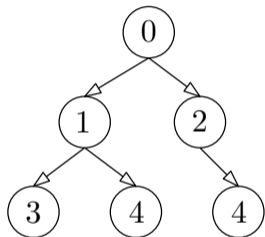
Programação da produção - sequenciamento



Porém essa é melhor, a taxa de ocupação das máquinas é maior e o tempo de finalização dos processamentos é menor.

Problemas

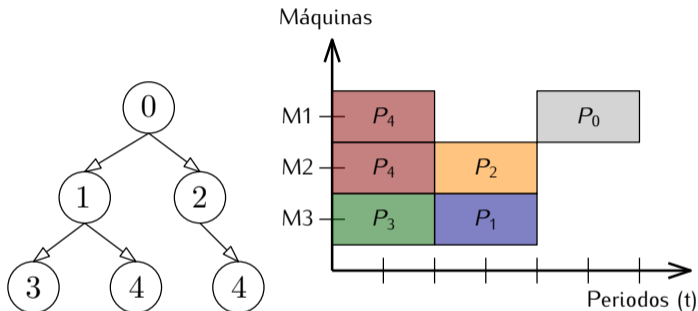
Programação da produção - sequenciamento multi-níveis



Alguns produtos são compostos de diversos níveis, por exemplo: um carro é composto de rodas, chassi, etc...e cada uma dessas partes, por sua vez, também é composta por outras. Essa estrutura pode ser representada por uma **árvore do produto**.

Problemas

Programação da produção - sequenciamento multi-níveis



Além de todas as outras restrições, a ordem de precedência dos produtos deve ser obedecida (não é possível montar o carro sem antes ter as rodas)

Planejamento de projetos

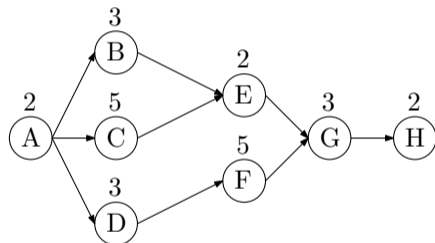
Dada uma rede de precedência das atividades que compõe um projeto, bem como os recursos que são necessários para executar as atividades (pessoas, por exemplo), e os tempos que as mesmas levam para executá-los, determinar o período de início e de fim de todas as atividades, bem como quais recursos estarão alocados à quais atividades, de forma a minimizar o tempo de finalização da última atividade do projeto.

Planejamento de projetos ⁸

⁸Project scheduling, resource-constrained project scheduling

Problemas

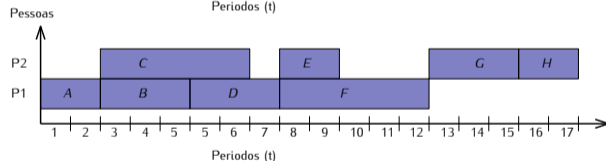
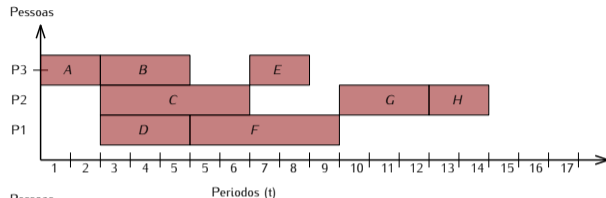
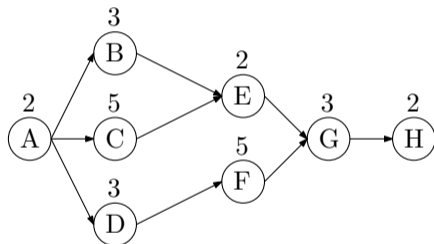
Planejamento de projetos



As precedências das etapas do projeto devem ser atendidas.

Problemas

Planejamento de projetos



Se temos recursos (pessoas) ilimitados, a solução de cima é factível. A solução de baixo considera a limitação de recursos (2 pessoas).

Problemas

Problema de designação

Problema de designação





Dado um conjunto de recursos e um conjunto de atividades. Cada recurso tem uma aptidão para executar cada atividade. Como alocar recursos às atividades de forma a maximizar a soma das aptidões? Cada recurso é atribuído a uma única atividade e toda atividade deve ter um recurso alocado a ela.

Problema de designação ⁹

⁹Assignment problem

Problemas









Problema de designação

	AT1	AT2	AT3	AT4
	3	2	3	7
	4	3	3	5
	1	7	3	3
	3	5	1	3

Cada soldado consegue executar as 4 tarefas.

Problemas









Problema de designação

	AT1	AT2	AT3	AT4
	3	 2	3	7
	 4	3	3	5
	1	7	 3	3
	3	5	1	 3

Quais soldados realizam quais tarefas?

Problemas

Problema de designação

	AT1	AT2	AT3	AT4
	3	 2	3	7
	 4	3	3	5
	1	7	 3	3
	3	5	1	 3

Existe alguma alocação com maior soma de aptidões?

Problemas

Problema de planejamento escalas de trabalho

Problema de planejamento escalas de trabalho

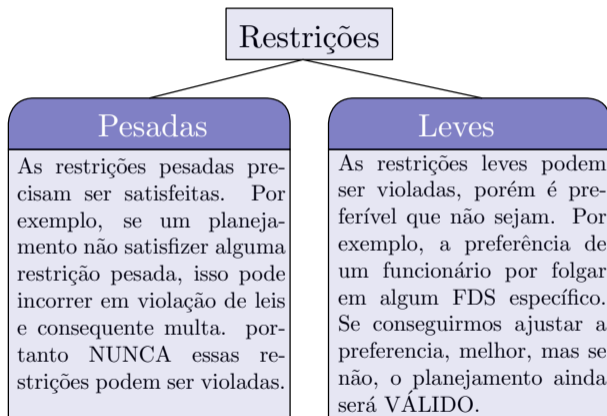
Dado um horizonte de planejamento e um conjunto de funcionários, alocar turnos à funcionários de forma a atender dois conjuntos de restrições, *hard* e *soft*. As restrições podem envolver legislações de folgas mínimas, cobertura de funcionários, preferências de turnos, etc...

Agendamento de enfermeiras ¹⁰

¹⁰Nurse scheduling problem, Nurse rostering problem, timetabling


Problemas

Problema de planejamento escalas de trabalho



Problemas


Problema de planejamento escalas de trabalho

M = Manhã N = Noite  FDS
T = Tarde F = Folga
















































































	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Enf. 1																													
Enf. 2																													
Enf. 3																													
Enf. 4																													
Enf. 5																													
Enf. 6																													
Enf. 7																													
Enf. 8																													
Enf. 9																													
Enf. 10																													

Problemas

Problema de planeamento escalas de trabalho


M = Manhã N = Noite  FDS
T = Tarde F = Folga

- Mais de um turno em um mesmo dia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Enf. 1	M/T	N	N	F	N	M/T																							
Enf. 2																													
Enf. 3																													
Enf. 4																													
Enf. 5																													
Enf. 6																													
Enf. 7																													
Enf. 8																													
Enf. 9																													
Enf. 10																													

Problemas

Problema de planejamento escalas de trabalho

M = Manhã N = Noite  FDS
T = Tarde F = Folga

- Número máximo de tipos de turnos no periodo todo
Ex: máximo de 7 noturnos. Violação de 1 turno (8 no agendamento)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Enf. 1	N	N	N	F	N	F	F	M	M	M	M	M	M	F	F	M	M	M	M	N	F	N	N	N	M	M	M	M
Enf. 2																												
Enf. 3																												
Enf. 4																												
Enf. 5																												
Enf. 6																												
Enf. 7																												
Enf. 8																												
Enf. 9																												
Enf. 10																												

Problemas

Problema de planejamento escalas de trabalho

M = Manhã N = Noite FDS
T = Tarde F = Folga

- Número máximo de turnos consecutivos sem folga
Ex: máximo de 5 consecutivos. 2 violações (em vermelho)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Enf. 1	N	N	N	F	N	F	F	M	M	M	M	M	M	F	F	M	M	M	M	N	F	N	N	N	M	M	M	M
Enf. 2																												
Enf. 3																												
Enf. 4																												
Enf. 5																												
Enf. 6																												
Enf. 7																												
Enf. 8																												
Enf. 9																												
Enf. 10																												

Problemas

Problema do *timetabling*

Problema do *timetabling*

O problema de *timetabling*, na sua forma mais genérica, lida com a **alocação de horários à recursos**. Diversos problemas se encaixam na categoria de *timetabling*: *sports timetabling*, *railway timetabling*, *airflight timetabling*, *nurse rostering*,...

Problemas

Problema do *timetabling*

Problema do *timetabling*

No entanto, quando o termo é usado, geralmente ele se refere ao *educational timetabling*, ou seja, alocação de professores/alunos à períodos e a salas de aula, satisfazendo um conjunto de restrições do tipo *hard*, e ao máximo possível um conjunto de restrições do tipo *soft*.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Vamos considerar próprio exemplo do nosso departamento. Temos duas salas disponíveis, PM03 e PM04.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Podemos **dividir** os tempos disponíveis nas salas em **períodos** (manhã/tarde, etc...), bem como em dias de utilização.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

TURMAS
T_1
T_2
T_3
T_4
T_5

Existe um conjunto de **turmas** que precisam ocupar esses espaços para cursar as disciplinas.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS				TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4	T_1
d_1		d_3		T_2
	d_2	d_3		T_3
	d_2	d_3	d_4	T_4
d_1		d_3	d_5	T_5

Cada turma deve cumprir um número específico de **disciplinas** no semestre.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03					PM04						
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SEG	TER	QUA	QUI	SEX		
PERÍODOS	1						PERÍODOS	1					
	2							2					
	3							3					
	4							4					
	5							5					

DISCIPLINAS CURSADAS					TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4		T_1
d_1		d_3			T_2
	d_2	d_3			T_3
	d_2	d_3	d_4		T_4
d_1		d_3	d_5		T_5

PROFESSORES
P_1
P_2
P_3

Além disso, existe um conjunto de **professores**.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS					TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4		T_1
d_1		d_3			T_2
	d_2	d_3			T_3
	d_2	d_3	d_4		T_4
d_1		d_3	d_5		T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS	
P_1	d_1	d_2
P_2	d_3	d_4
P_3	d_5	

E cada professor pode ministrar um conjunto de **disciplinas**.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS				TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4	T_1
d_1		d_3		T_2
	d_2	d_3		T_3
	d_2	d_3	d_4	T_4
d_1		d_3	d_5	T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS
P_1	d_1 d_2
P_2	d_3 d_4
P_3	d_5

Precisamos então, atribuir o conjunto de elementos (Turma, Disciplina, Professor) aos períodos de tempo disponíveis nas salas.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS				TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4	T_1
d_1		d_3		T_2
	d_2	d_3		T_3
	d_2	d_3	d_4	T_4
d_1		d_3	d_5	T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS
P_1	d_1 d_2
P_2	d_3 d_4
P_3	d_5

Quais poderiam ser as **restrições** (hard) para esse problema?

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

		DISCIPLINAS CURSADAS	TURMAS
$T_1 d_1$	$T_1 d_2$	d_1 d_2 d_3 d_4	T_1
$T_1 d_3$	$T_1 d_4$	d_1 d_3	T_2
		d_2 d_3	T_3
		d_2 d_3 d_4	T_4
		d_1 d_3 d_5	T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS
P_1	d_1 d_2
P_2	d_3 d_4
P_3	d_5

Uma delas é a de que todas as turmas devem cumprir todas as disciplinas do semestre (disciplinas da turma T_1 na imagem acima).

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_3 P_2$				
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS				TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4	T_1
d_1		d_3		T_2
	d_2	d_3		T_3
	d_2	d_3	d_4	T_4
d_1		d_3	d_5	T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS
P_1	d_1 d_2
P_2	d_3 d_4
P_3	d_5

Além disso, uma mesma turma não pode ser alocada em aulas no mesmo período.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_3 d_2 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS					TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4		T_1
d_1		d_3			T_2
	d_2	d_3			T_3
	d_2	d_3	d_4		T_4
d_1		d_3	d_5		T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS	
P_1	d_1	d_2
P_2	d_3	d_4
P_3	d_5	

O mesmo para os professores que estão ministrando as disciplinas.

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_3 d_2 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS					TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4		T_1
d_1		d_3			T_2
	d_2	d_3			T_3
	d_2	d_3	d_4		T_4
d_1		d_3	d_5		T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS	
P_1	d_1	d_2
P_2	d_3	d_4
P_3	d_5	

Fora essas, quais restrições do tipo soft podem existir?

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_3 d_2 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS					TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4		T_1
d_1		d_3			T_2
	d_2	d_3			T_3
	d_2	d_3	d_4		T_4
d_1		d_3	d_5		T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS	
P_1	d_1	d_2
P_2	d_3	d_4
P_3	d_5	

Preferência de professores por horários, turmas por professores, etc...

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_3 d_2 P_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS					TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4		T_1
d_1		d_3			T_2
	d_2	d_3			T_3
	d_2	d_3	d_4		T_4
d_1		d_3	d_5		T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS	
P_1	d_1	d_2
P_2	d_3	d_4
P_3	d_5	

E a função objetivo? O que podemos usar para quantificar a qualidade de uma solução?

Problemas

Problema do *timetabling*

		PM03				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1	$T_1 d_1 P_1$				
	2					
	3	$T_1 d_2 P_1$				
	4					
	5					

		PM04				
		SEG	TER	QUA	QUI	SEX
PERÍODOS	1		$T_4 d_3 P_2$			
	2		$T_4 d_4 P_2$			
	3					
	4					
	5					

DISCIPLINAS CURSADAS				TURMAS
d_1	d_2	d_3	d_4	T_1
d_1		d_3		T_2
	d_2	d_3		T_3
	d_2	d_3	d_4	T_4
d_1		d_3	d_5	T_5

PROFESSORES	DISCIPLINAS MINISTRADAS
P_1	d_1 d_2
P_2	d_3 d_4
P_3	d_5

Podemos, por exemplo, priorizar horários conjuntos (PM04) em detrimento de espaços vagos na grade das turmas/professores.

Atividade

Considerando os seguinte problemas:

1. TSP
2. VRP
3. Localização de facilidades
4. Sequenciamento (com uma máquina)
5. Carregamento 2D

Faça o que se pede:

1. Crie uma lista com todas as restrições que devem existir, para que uma solução seja considerada factível.
2. Dadas duas soluções para um mesmo problema, como você decidiria qual é melhor que a outra? Em outras palavras, qual deveria ser a função objetivo para o problema?