

TP 01 - Trabalho Prático 01

Algoritmos I

Entrega: 22/01/2021

1 Objetivos do trabalho

O objetivo deste trabalho é modelar o problema computacional descrito a seguir utilizando uma estrutura de dados que permita resolvê-lo de forma eficiente com os algoritmos estudados nesta disciplina.

Serão fornecidos alguns casos de teste bem como a resposta esperada para que o aluno possa verificar a corretude de seu algoritmo. Não obstante, recomenda-se que o aluno crie casos de teste adicionais a fim de validar sua própria implementação.

O código-fonte da solução e uma documentação sucinta (relatório contendo não mais do que 5 páginas) deverão ser submetidos via *moodle* até a data limite de 21/01/2021. A especificação do conteúdo do relatório e linguagens de programação aceitas serão detalhadas nas seções subsequentes.

2 Definição do problema

Finalmente, após meses de espera, o mundo começa a ver a aprovação nos testes das primeiras vacinas de imunização em relação ao vírus Sars-CoV-2 (coronavírus), causador da doença covid-19.

A Secretaria de Saúde de uma capital brasileira realizou uma grande compra de vacinas de um fabricante. Estas vacinas devem ser mantidas e transportadas a uma temperatura máxima de -60°C , sob o risco de perder sua eficácia. O fabricante permite a retirada das vacinas em seus centros de distribuição (CD), os quais possuem super refrigeradores e mantêm as vacinas à temperatura de -90°C . Ao retirar as vacinas de um centro de distribuição, as mesmas devem ser transportadas em embalagens dentro de uma grande caixa térmica com nitrogênio até os postos de vacinação.

Como a Secretaria de Saúde dessa cidade já compra outras vacinas do mesmo fabricante, já existe uma logística de transporte com uma quantidade fixa de caminhões saindo de cada centro de distribuição e rotas já definidas ligando estes centros de distribuição a diversos postos de vacinação espalhados pela cidade.

Define-se **rota** como sendo um caminho, com direção definida, iniciando em um centro de distribuição e passando por um ou mais postos de vacinação, uma única vez, até chegar a um posto final do qual não é possível alcançar um outro posto, ou a um posto que foi visitado anteriormente nesse mesmo caminho.

Todo dia pela manhã, os caminhões são carregados com materiais em cada centro de distribuição, e partem juntos, cada qual seguindo uma das rotas possíveis a partir daquela origem. Os caminhões percorrem as rotas passando sequencialmente pelos postos de vacinação (PV) respeitando a localização geográfica e conexões entre eles. Sabe-se ainda que as distâncias entre quaisquer postos de vacinação vizinhos em uma rota, bem como as distâncias entre um centro de distribuição e os postos de vacinação vizinhos a ele em alguma rota, é aproximadamente a mesma. Em outras palavras, a distância percorrida por um caminhão entre dois pontos vizinhos (centro de distribuição ou posto de vacinação) em uma rota é aproximadamente a mesma. Cada caminhão, ao chegar ao último posto de vacinação de sua rota, retorna diretamente para o centro de distribuição de origem para realizar nova entrega no dia seguinte.

Durante a entrega das vacinas, no trajeto entre dois postos de vacinação vizinhos, ou entre o centro de distribuição e o primeiro posto da rota, estima-se que haja um incremento da temperatura interna da caixa térmica das vacinas de $X^{\circ}\text{C}$, devido ao calor trocado entre a caixa térmica e o ambiente do caminhão durante o percurso.

Desta forma, a Secretaria de Saúde deseja calcular, entre todos os PVs pertencentes às possíveis rotas (PVs alcançáveis), a quantidade máxima de postos de vacinação que estarão aptos a realizar a vacinação contra o coronavírus, ou seja, que receberão as vacinas em temperatura abaixo da temperatura máxima indicada pelo fabricante (PVs alcançados), sem que haja alterações na estrutura logística disponível.

Por fim, a Secretaria de Saúde também deseja identificar se há alguma rota que percorra um mesmo posto de vacinação mais de uma vez, para fins de melhoria de sua estrutura logística.

3 Exemplo do problema

Observe na Figura 1 uma estrutura logística na qual há dois centros de distribuição (CD01 e CD02) e 21 postos de vacinação (PVs). Considere ainda que o incremento de temperatura a cada vez que um posto de vacinação é percorrido seja de $X = 15^{\circ}\text{C}$. Assim, como a temperatura inicial é de -90°C no centro de distribuição, a carga de vacinas poderia percorrer até 2 postos de vacinação em sequência antes que a temperatura ultrapasse o limite de -60°C ($\frac{-60 - (-90)}{15} = 2$).

Os postos de vacinação alcançáveis pelo CD01, mantendo a integridade das vacinas são: PV1, PV2, PV3, PV5, PV16. Em contraapartida, o CD02 distribui vacinas para os postos de vacinação PV14, PV15, PV17, PV18, PV19. Desta maneira, como o restante dos postos de vacinação não são alcançáveis por nenhum centro de distribuição garantindo a integridade das vacinas, estas unidades não poderão realizar a vacinação contra Covid-19.

Portanto, a resposta esperada nesta situação de exemplo seria que o número máximo de postos de vacinação aptos a receber as vacinas é igual a 10.

Note que, dada a representação gráfica da estrutura logística, não se verifica uma rota que passa por um posto de vacinação mais de uma vez. Caso houvesse, por exemplo, um caminho entre $\text{PV11} \rightarrow \text{PV09}$ ou $\text{PV12} \rightarrow \text{PV09}$, haveria uma rota que passaria por PV09 mais de uma vez.

4 Arquivos de entrada e saída

Para fins de restrição da dimensão do problema, a quantidade máxima de centros de distribuição (CD) nos casos de testes é 10 ($1 \leq \text{CD} \leq 10$) e a quantidade máxima de postos de vacinação (PV) é 100 ($0 \leq \text{PV} \leq 100$). O incremento X de temperatura a cada vez que a caixa térmica das vacinas é aberta será fornecido como parâmetro, sendo um número inteiro não-negativo ($X \geq 0$).

O arquivo de entrada conterá, na primeira linha, três valores, representando respectivamente a quantidade de CDs, a quantidade de PVs e o valor X de incremento de temperatura da vacina para cada trecho percorrido da rota. As próximas C linhas do arquivo contém as ligações imediatadas de cada centro de distribuição. Por fim, as próximas P linhas conterão as ligações de cada posto de vacinação. Note que o identificador de cada PV é dado de forma sequencial começando de 1 até o valor de P (o valor 0 representa que o dado PV ou CD não leva a nenhum outro PV).

O arquivo de saída deve conter, na primeira linha, a quantidade máxima de postos de vacinação que receberão as vacinas em condições íntegras. Na segunda linha, em ordem crescente pelo código do PV, a lista dos PVs que receberão as vacinas em condições íntegras, separados por espaço (apenas os números de identificação dos PVs). Caso o valor da primeira linha seja 0, então a segunda linha deve exibir o texto “*” (sem as aspas).

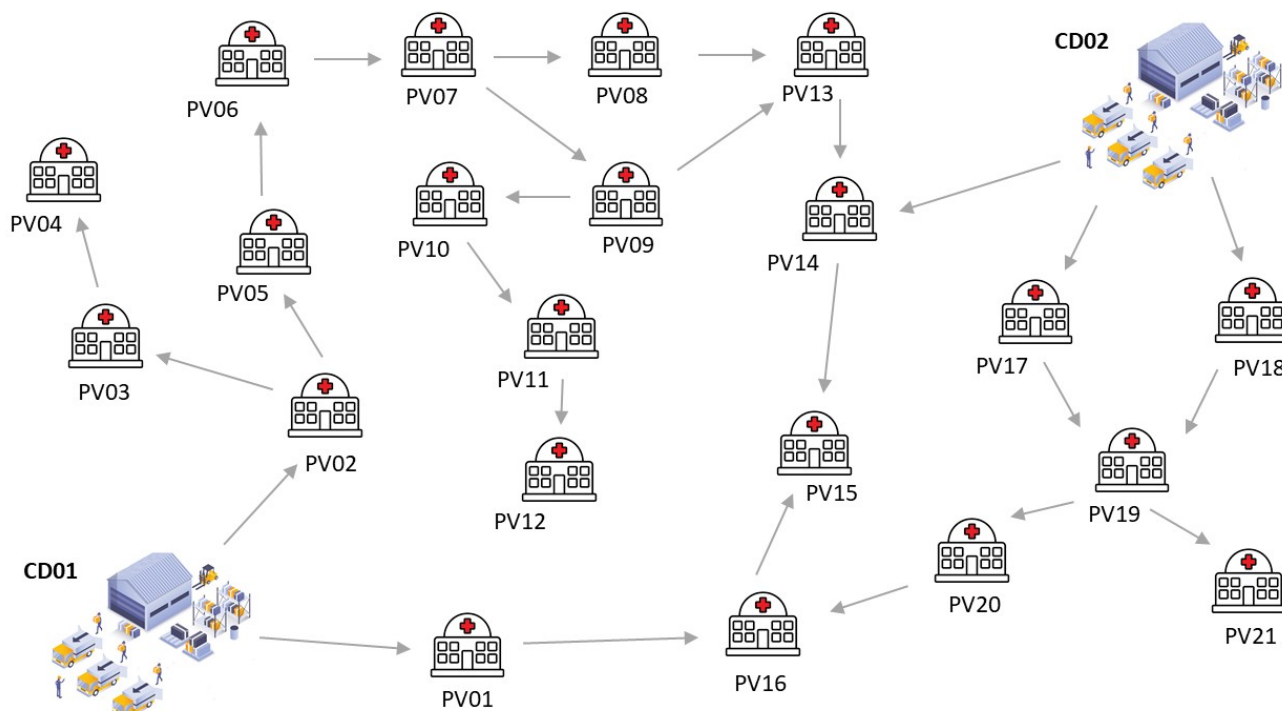


Figura 1: Exemplo de situação com dois centros de distribuição e 21 postos de vacinação

Por último, a terceira linha deve conter o valor “1”(sem aspas), caso seja identificada alguma rota que percorra um mesmo posto de vacinação mais de uma vez, ou “0”(sem aspas) em caso contrário.

Exemplo das linhas da entrada

```

C P X // Centros de distribuição, postos de vacinação e incremento de temperatura.
C1 // Linhas que determinam as ligações de cada centro de distribuição
...
P1 // Linhas de cada posto de vacinação
...

```

Exemplo da saída

```

R // Quantidade de postos de vacinação alcançados.
PV PV ... // a lista dos R postos de vacinação alcançados, ordenada de forma crescente
           // pelo código do PV
C // 1 caso haja alguma rota que percorra um mesmo posto mais de uma vez ou 0, caso contrário

```

5 Exemplo Prático de Entrada e Saída

Exemplo prático da entrada

```
2 21 15
1 2 // c1
14 17 18 // c2
16 // p1
3 5 // p2
4
0
6
7
8 9
13
10 13
11
12
0
14
15
0
15
19
19
20 21
16
0 // p21
```

Exemplo prático da saída

```
10 // Qtde de postos alcançados
1 2 3 5 14 15 16 17 18 19 // Lista dos PVs alcançados
0 // Não há rotas que passem em um mesmo posto de vacinação mais de uma vez
```

6 Especificação das entregas

Você deve submeter um arquivo compacto (zip ou tar.gz) no formato **MATRICULA_NOME** via Moodle contendo:

- todos os arquivos de código-fonte implementados;
- um arquivo *makefile*¹ **que crie um executável com nome tp01**;
 - **ATENÇÃO:** O makefile é para garantir que o código será compilado da forma como vocês implementaram, evitando erros na compilação. É **essencial** que ao digitar “make” na linha de comando dentro da pasta onde reside o arquivo makefile, o mesmo compile o programa e gere um executável chamado **tp01**.
- sua documentação (arquivo pdf).

Sua documentação deverá ser sucinta e conter não mais do que 5 páginas com o seguinte conteúdo obrigatório:

- Modelagem computacional do problema;
- estruturas de dados e algoritmos utilizados para resolver o problema (pseudo-código da solução implementada), bem como justificativa para tal escolha. Não transcreva trechos da código-fonte;
- análise de complexidade de tempo assintótica da solução proposta, devidamente justificada.

7 Implementação

7.1 Linguagem, Ambiente e Parâmetros

O seu programa deverá ser implementado na linguagem **C** ou **C++** e deverá fazer uso apenas de funções da biblioteca padrão da linguagem. Trabalhos que utilizem qualquer outra linguagem de programação e/ou que façam uso de bibliotecas que não a padrão não serão aceitos.

O aluno pode implementar seu programa em qualquer ambiente (Windows, Linux, MacOS, etc...), no entanto, deve garantir que seu código compile e rode nas máquinas do DCC (tigre.dcc.ufmg.br ou jaguar.dcc.ufmg.br), pois será neste ambiente que o TP será corrigido. Note que essas máquinas são acessíveis a todos os alunos do DCC com seu login e senha, podendo inclusive ser realizado acesso remoto via ssh. O aluno pode buscar informações no site do CRC (Centro de Recursos Computacionais) do DCC (<https://www.crc.dcc.ufmg.br/>).

O arquivo da entrada deve ser passado ao seu programa como entrada padrão, através da linha de comando (e.g., `$./tp01 < casoTeste01.txt`) e gerar o resultado também na saída padrão (não gerar saída em arquivo).

ATENÇÃO: Não é necessário que o aluno implemente em ambiente Linux. Recomenda-se que o aluno teste seu código nas máquinas previamente especificadas, as quais serão utilizadas para correção do TP, a fim de conferir a funcionalidade, makefile e demais características do código.

¹https://pt.wikibooks.org/wiki/Programar_em_C/Makefiles

7.2 Testes automatizados

A sua implementação passará por um processo de correção automatizado, utilizando além dos casos de testes já disponibilizados, outros exclusivos criados para o processo de correção. O formato da saída de seu programa deve seguir a especificação apresentada nas seções anteriores. Saídas diferentes serão consideradas erro para o programa. O aluno deve certificar-se que seu programa execute corretamente para qualquer entrada válida do problema.

ATENÇÃO: O tempo máximo esperado para execução do programa, dado o tamanho máximo do problema definido em seções anteriores, é de 5 segundos.

7.3 Qualidade do código

Preze pela qualidade do código-fonte, mantendo-o organizado e comentado de modo a facilitar seu entendimento para correção. Caso alguma questão não esteja clara na documentação e no código fonte, a nota do trabalho pode ser penalizada.

8 Critérios para pontuação

A nota final do TP (NF) será composta por dois fatores: fator parcial de implementação (fpi) e fator parcial da documentação (npg). Os critérios adotados para pontuação dos fatores é explicado a seguir.

8.1 Fator parcial de implementação

Serão avaliados quatro aspectos da implementação da solução do problema, conforme a Tabela 1.

Aspecto	Sigla	Valores possíveis
Compilação no ambiente de correção	co	0 ou 1
Respostas corretas nos casos de teste de correção	ec	0 a 100%
Tempo de execução abaixo do limite	te	0 ou 1
Qualidade do código	qc	0 a 100 %

Tabela 1: Aspectos de avaliação da implementação da solução do problema

O fator parcial de implementação será calculado pela seguinte fórmula:

$$fpi = co \times (ec - 0,15 \times (1 - qc) - 0,15 \times (1 - te))$$

Caso o valor calculado do fator seja menor que zero, ele será considerado igual a zero.

8.2 Fator parcial da documentação

Serão avaliados quatro aspectos da documentação entregue pelo aluno, conforme a Tabela 2.

O fator parcial de documentação será calculado pela seguinte fórmula:

$$fpd = 0,4 \times mc + 0,4 \times ds + 0,2 \times at - 0,25 \times (1 - ap)$$

Caso o valor calculado do fator seja menor que zero, ele será considerado igual a zero.

Aspecto	Sigla	Valores possíveis
Apresentação (formato, clareza, objetividade)	ap	0 a 100%
Modelagem computacional	mc	0 a 100%
Descrição da solução	ds	0 a 100%
Análise de complexidade de tempo assintótica	at	0 a 100 %

Tabela 2: Aspectos de avaliação da documentação

8.3 Nota final do TP

A nota final do trabalho prático será obtida pela equação a seguir:

$$NF = 10 \times (0,6 \times fpi + 0,4 \times fpd)$$

É importante ressaltar que é obrigatória a entrega do código fonte da solução e documentação. Na ausência de um desses elementos, a nota do trabalho prático será considerada igual a zero, pois não haverá possibilidade de avaliar adequadamente o trabalho realizado.

Assim como em todos os trabalhos dessa disciplina é estritamente proibida a cópia parcial ou integral de código-fontes, seja da Internet ou de colegas. Se for identificado o plágio, o aluno terá a nota zerada e o professor será informado para que as medidas cabíveis sejam tomadas.

ATENÇÃO: Os alunos que submeterem os TPs com atraso, terão a nota final penalizada em termos percentuais de acordo com a seguinte regra: $2^{d-1}/0,16$ (onde d é a quantidade de dias úteis de atraso na entrega do TP)

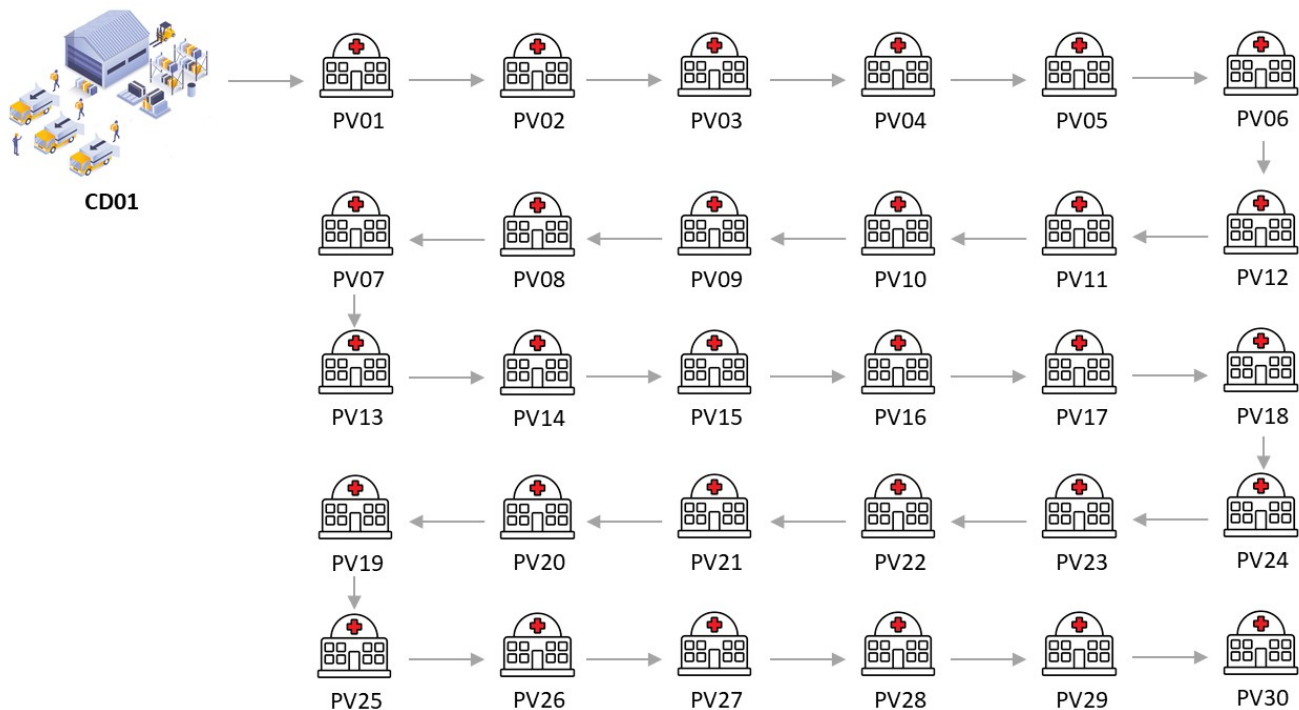


Figura 2: Caso de teste 1 - Estrutura logística com 1 centro de distribuição e 30 postos de vacinação

Anexo: Casos de teste para validação da implementação

Os casos de testes descritos a seguir estão disponibilizados na plataforma *moodle* em arquivo txt. Foram criados cinco casos de teste para que o aluno possa validar sua solução antes de submeter seu trabalho para correção. A seguir são apresentados 3 casos com o respectivo diagrama visual. Cada um dos três casos possui algumas variações no parâmetro relacionado ao incremento de temperatura entre os postos de vacinação a fim de permitir testar algumas situações. Os outros dois casos de teste, por apresentarem um número maior de CDs e PVs estarão disponíveis apenas em formato txt no *moodle*.

Recomenda-se que o aluno teste sua implementação com os casos de teste disponibilizados comparando sua resposta com aquela esperada a fim de reduzir a chance de ocorrência de *bugs* de implementação.

Caso 1: 1 CD, 30 PVs, rota única

A Figura 2 apresenta um diagrama da estrutura logística do caso de teste 1. Abaixo, será apresentado para cada valor do parâmetro referente ao incremento de temperatura, a saída esperada.

Arquivo de entrada: CasoTeste01a.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 31 °C

```
0
*
0
```


Arquivo de entrada: CasoTeste01b.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 30 °C

1

1

0

Arquivo de entrada: CasoTeste01c.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 3 °C

10

1 2 3 4 5 6 9 10 11 12

0

Arquivo de entrada: CasoTeste01d.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 2 °C

15

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

0

Arquivo de entrada: CasoTeste01e.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 1 °C

30

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 29 30

0

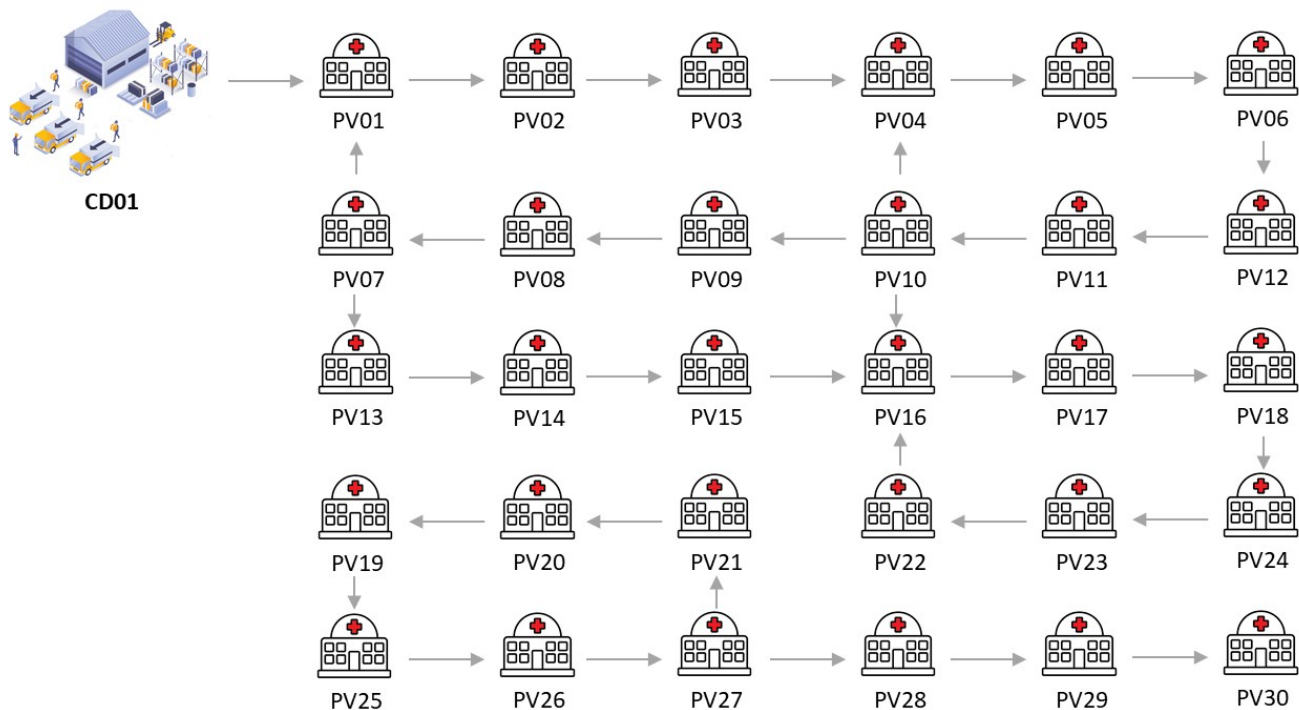


Figura 3: Caso de teste 2 - Estrutura logística com 1 centro de distribuição, 30 postos de vacinação e múltiplas rotas

Caso 2: 1 CD, 30 PVs, múltiplas rotas

A Figura 3 apresenta um diagrama da estrutura logística do caso de teste 2. A seguir, será apresentado para cada valor do parâmetro referente ao incremento de temperatura, a saída esperada.

Arquivo de entrada: CasoTeste02a.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 3 °C

```
11
1 2 3 4 5 6 9 10 11 12 16
1
```

Arquivo de entrada: CasoTeste02b.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 2 °C

```
21
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 22 23 24
1
```

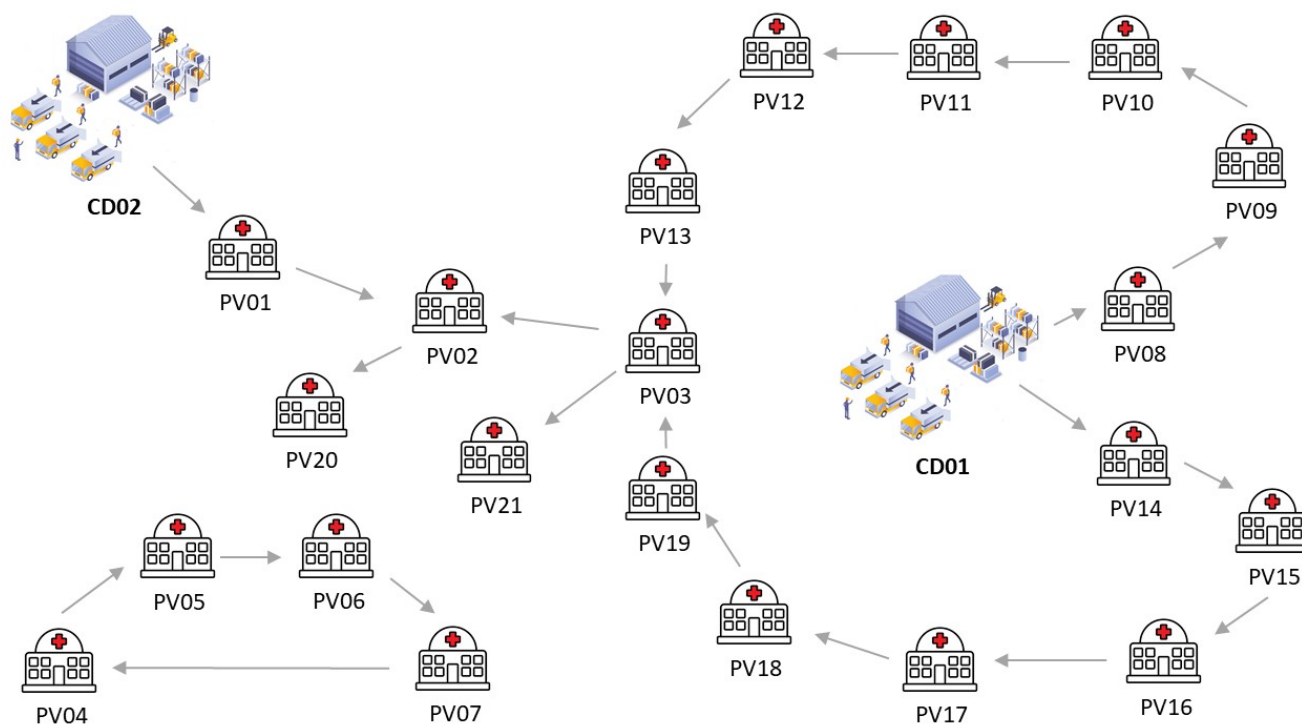


Figura 4: Caso de teste 3 - Estrutura logística com 2 centros de distribuição, 21 postos de vacinação e múltiplas rotas

Caso 3: 2 CDs, 21 PVs, multiplas rotas

A Figura 4 apresenta um diagrama da estrutura logística do caso de teste 3. A seguir, será apresentado para cada valor do parâmetro referente ao incremento de temperatura, a saída esperada.

Arquivo de entrada: CasoTeste03a.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 6 °C

```
13
1 2 8 9 10 11 12 14 15 16 17 18 20
0
```

Arquivo de entrada: CasoTeste03b.txt

Saída esperada para incremento de temperatura: 3 °C

```
17
1 2 3 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
```