1. Uma empresa aérea deseja alocar suas aeronaves nas rotas em que opera. A tabela abaixo mostra os custos das aeronaves nas respectivas rotas.

	R_1	R_2	R_3
Aeronave 1	100	---	---
Aeronave 2	120	130	---
Aeronave 3	200	250	120
Aeronave 4	---	180	160
Aeronave 5	---	---	190

As capacidades de cada aeronave são de $k_1, k_2, \ldots, k_5$ passageiros. A empresa dispõe de $T_1, T_2, \ldots, T_5$ aeronaves de cada tipo. Sendo a demanda mínima diária de passageiros em cada rota de D_1, D_2 e D_3, modelar o problema de alocação das aeronaves com o menor custo possível. <u>*Obs*</u>. Considere que cada aeronave realiza uma única viagem por dia na rota alocada.

↳ Variáveis de decisão:

X_{ij} = quantidade de aeronave i fazendo a rota j.

↳ Função Objetivo:

$$\min Z = X_{11} \cdot 100 + X_{21} \cdot 120 + X_{22} \cdot 130 + X_{31} \cdot 200 + X_{32} \cdot 250 + X_{33} \cdot 120 + X_{42} \cdot 180 + X_{43} \cdot 160 + X_{53} \cdot 190$$

↳ Restrições:

$$\begin{cases} X_{11} \leq T_1 \\ X_{21} + X_{22} \leq T_2 \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} \leq T_3 \\ X_{42} + X_{43} \leq T_4 \\ X_{53} \leq T_5 \\ X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq D_1 \\ X_{22} + X_{32} + X_{42} \geq D_2 \\ X_{33} + X_{43} + X_{53} \geq D_3 \\ X_{ij} \geq 0, \; i \in \{1..5\}, \; j \in \{1..3\} \end{cases}$$

2. A região metropolitana de BH inclui 6 cidades que precisam de serviço de ambulância. Devido à proximidade entre as cidades, uma única *estação de ambulância* pode atender a mais de uma comunidade. A determinação é que a estação deve estar a menos de 15 minutos das cidades que atende. A tabela abaixo fornece os tempos de viagem, em minutos, entre as cidades. Monte um modelo de PL para minimizar os custos de alocação das estações e garantir que cada cidade seja atendida por pelo menos uma estação.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	23	14	18	10	32
C2	23	0	24	13	22	11
C3	14	24	0	60	13	20
C4	18	13	60	0	55	10
C5	10	22	13	55	0	12
C6	32	11	20	10	12	0
Custo de instalação	35	47	24	58	25	34

↳ Variável de decisão:

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{se uma estação for instalada na cidade } i, \ i \in \{1..6\} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

↳ Função Objetivo:

$$\text{Min } Z = X_1 \cdot 35 + X_2 \cdot 47 + X_3 \cdot 24 + X_4 \cdot 58 + X_5 \cdot 25 + X_6 \cdot 34$$

↳ Restrições:

$X_1 + X_3 + X_5 \geq 1$

$X_2 + X_4 + X_6 \geq 1$

$X_3 + X_1 + X_5 \geq 1$

$X_4 + X_2 + X_6 \geq 1$

$X_5 + X_1 + X_3 + X_5 \geq 1$

$X_6 + X_2 + X_4 + X_5 \geq 1$

$X_i \in \{0,1\}, \ i \in \{1..6\}$

3. Uma siderúrgica abastece a sua produção, estabelecida em duas usinas a partir de três minas de ferro. Os custos de transporte por tonelada, as demandas das usinas e as capacidades de extração do minério nas minas são dados na tabela abaixo. Por força de contrato, caso alguma mina forneça qualquer quantidade de minério é cobrado um custo fixo por este fornecimento. Escreva um modelo de programação linear para atender as demandas com o menor custo possível.

	Mina 1	Mina 2	Mina 3	Demanda mínima
Usina 1	\$10	\$25	\$15	120
Usina 2	\$12	\$20	\$30	230
Cap. produção	250	570	750	
Custo fixo	\$1.200	\$1.750	\$1.530	

↳ Variáveis de decisão:

X_{ij} = Quantidade em toneladas transportadas da mina j para a usina i.

$$Y_j = \begin{cases} 1 & \text{caso a mina } j \text{ forneça} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

↳ Função Objetivo:

$$\text{Min } Z = X_{11} \cdot 10 + X_{12} \cdot 25 + X_{13} \cdot 15 + X_{21} \cdot 12 + X_{22} \cdot 20 + X_{23} \cdot 30 + Y_1 \cdot 1200 + Y_2 \cdot 1750 + Y_3 \cdot 1530$$

↳ Restrições:

$X_{ij} \geq 0, \; i \in \{1,2\}, \; j \in \{1..3\}$

$X_{11} + X_{12} + X_{13} \geq 120$

$X_{21} + X_{22} + X_{23} \geq 230$

$X_{11} + X_{21} \leq 250$

$X_{12} + X_{22} \leq 570$

$X_{13} + X_{23} \leq 750$

$X_{11} + X_{21} \leq \infty \cdot Y_1$

$X_{12} + X_{22} \leq \infty \cdot Y_2$

$X_{13} + X_{23} \leq \infty \cdot Y_3$