# RELATÓRIO TRABALHO INDIVIDUAL 1

No âmbito da UC Optimização Heurística|


#OUTPUTS

nome: Rita Guerreiro
número: 112018
turma: CDB2

# Introdução ao problema

Uma organização que presta ajuda humanitária a vários países necessitados de todo o mundo, pretende atribuir ajuda, no próximo ano, a um país que foi alvo de uma catástrofe natural.

A organização pretende enviar kits de ajuda humanitária para os cidadãos daquele país. Existem três tipos de kits:

▪ Kit básico, constituído apenas por alimentos, tais como cereais e leite em pó. Cada centena de kits custa €30000, pesa 12000 quilos e permite ajudar 3000 pessoas.

▪ Kit avançado, constituído por alimentos e vestuário, tais como cobertores e tecidos. Cada centena de kits custa €35000, pesa 18000 quilos e permite ajudar 3500 pessoas.

▪ Kit premium, constituído por alimentos, vestuário e medicamentos. Cada centena de kits custa €72000, pesa 22000 quilos e permite ajudar 5400 pessoas.

A organização estabeleceu um protocolo com o governo do país e tem de cumprir as condições seguintes:
▪ ajudar, pelo menos, 2.1 milhões de habitantes do país;
▪ enviar, pelo menos, 3000 kits premium.

Devido a restrições de transporte, o total da carga transportada não pode exceder 10000 toneladas. Para além disso, por cada centena de kits premium, há necessidade de enviar um médico a um custo de €33000.

A organização pretende realizar esta campanha humanitária com o menor custo possível e maximizando o número total de kits transportado.

## Questão a)

**Formule o problema em Programação Linear.**

Para a formulação do problema em programação linear foi considerada a variável:
$X_i \rightarrow$ número de kits do tipo i a exportar para o país alvo da catástrofe (em centenas), com i = 1 (básico), 2 (avançado) e 3 (premium)

Na seguinte tabela encontram-se  o preço, peso e quantia de pessoas ajudadas por cada 100 kits exportados do tipo básico, avançado e premium.

| **Tipo de kit** | **Preço** (em €) | **Peso** (em Kg) | **Permite ajudar** (em pessoas) |
|---|---|---|---|
| **Básico** | 30 000 | 12 000 | 3 000 |
| **Avançado** | 35 000 | 18 000 | 3 500 |
| **Premium** | 72 000 | 22 000 | 5 400 |

por cada 100 kits

Dado que se trata de um problema de otimização multiobjetivo, as funções objetivo formuladas foram:

$F_1$: Min *Custo* = $30000X_1 + 35000X_2 + 105000X_3$ → função objetivo de minimização do custo total da ajuda humanitária (em €), a qual remete a soma dos preços do envio dos kits (em centenas); 105000 representa o preço dos kits (72000) juntamente com o custo de um médico (33000) ambos por cada 100 kits premium (equivaleria a ter na F.O.: $72000X_3 + 33000X_3$)

$F_2$: Max *Kits* = $X_1 + X_2 + X_3$ → função objetivo de maximização do total de kits enviados, correspondendo portanto à soma das quantias de cada kit (em centenas) a transportar

As restrições definidas para ambas as funções objetivo definidas previamente foram:

$R_1$: $12X_1 + 18X_2 + 22X_3 \leq 10000$ (em toneladas)
Esta restrição corresponde à carga total de transporte dos kits em toneladas, a qual não pode ultrapassar 10000 toneladas, ou seja, 10000000 Kg.

$R_2$: $3000X_1 + 3500X_2 + 5400X_3 \geq 2100000$ (em habitantes/pessoas)
Remete o total de pessoas ajudadas, pretende-se ajudar pelo menos 2100000 habitantes.

$R_3$: $X_3 \geq 30$ (em centenas)
Condição do envio de pelo menos 30 centenas de kits premium, i.e., 3000 kits premium.

$R_4$: $X_1, X_2, X_3 \geq 0$
Representa a quantidade de kits a enviar não nulas ou negativas, pois o envio de x kits será sempre do tipo inteiro positivo.

Modelo em Programação Linear MultiObjetivo:

$F_1$: Min *Custo* = $30000X_1 + 35000X_2 + 105000X_3$
$F_2$: Max *Kits* = $X_1 + X_2 + X_3$
s.a.
$R_1$: $12X_1 + 18X_2 + 22X_3 \leq 10000$
$R_2$: $3000X_1 + 3500X_2 + 5400X_3 \geq 2100000$
$R_3$: $X_3 \geq 30$
$R_4$: $X_1, X_2, X_3 \geq 0$

# Questão b)

**b) Na tabela seguinte são apresentadas propostas de envio de kits de cada tipo (em centenas):**

| | *kit básicos* | *kit avançado* | *kits premium* |
|---|---|---|---|
| Proposta 1 | 184 | 396 | 30 |
| Proposta 2 | 646 | 0 | 30 |
| Proposta 3 | 761 | 4 | 30 |
| Proposta 4 | 765 | 0 | 30 |

**Investigue se as propostas são admissíveis e se existem propostas dominadas. Justifique a sua resposta.**

Considerando $f_1(x)$ a função objetivo de minimização do custo total da ajuda humanitária ($F_1$ definida na alínea anterior), e $f_2(x)$ a função de maximização de kits enviados ($F_2$ definida na alínea anterior), bem como a variável a variável $X_i$ anteriormente criada.

Calculando os valores de cada proposta para cada uma das funções, e verificando seguidamente se são admissíveis:

## Proposta 1

Nesta proposta os valores de $X$ são: $X_1 = 184$ (centenas de kits básicos); $X_2 = 396$ (centenas de kits avançados) e $X_3 = 30$ (centenas de kits premium)

### 1. Valor para cada função objetivo

$f_1(x)$ = 30000$X_1$ + 35000$X_2$+ 105000$X_3$ = 30000(184) + 35000(396) + 105000(30) = 5520000 + 13860000 + 3150000 = **22 530 000**

$f_2(x)$ = $X_1$ + $X_2$ + $X_3$ = 184 + 396 + 30 = **610**

Nesta proposta, são enviados 61 000 kits a um custo de 22 530 000 €.

### 2. Verificação se proposta é admissível

Se todas as condições explícitas nas restrições são verificadas então a solução é admissível.

$R_1$: 12$X_1$ + 18$X_2$+ 22$X_3$ ≤ 10000 ⇔ 12(184) + 18(396) + 22(30) ≤ 10000 ⇔
2208 + 7128 + 660 ≤ 10000 ⇔ **9996** ≤ 10000 ✔
$R_2$: 3000$X_1$ + 3500$X_2$+ 5400$X_3$ ≥ 2100000 ⇔ 3000(184) + 3500(396)+ 5400(30) ≥ 2100000 ⇔ 552000 + 1386000 + 162000 ≥ 2100000 ⇔ **2100000** ≥ 2100000 ✔
$R_3$: $X_3$≥ 30 ✔
$R_4$: $X_1$, $X_2$, $X_3$ ≥ 0 ✔

Uma vez que todas as restrições se verificam, a solução da proposta 1 é admissível.

## Proposta 2

Nesta proposta os valores de $X$ são: $X_1 = 646$; $X_2 = 0$ e $X_3 = 30$

### 1. Valor para cada função objetivo

$f_1(x)$ = 30000$X_1$ + 35000$X_2$+ 105000$X_3$ = 30000(646) + 35000(0) + 105000(30) = 5520000 + 0 + 3150000 = **8 670 000**

$f_2(x)$ = $X_1$ + $X_2$ + $X_3$ = 646 + 0 + 30 = **676**

Nesta proposta, são enviados 67 600 kits a um custo de 8 670 000 €.

2. **Verificação se a proposta é admissível**

$R_1$: 12$X_1$ + 18$X_2$+ 22$X_3$ ≤ 10000 ⇔ 12(646) + 18(0) + 22(30) ≤ 10000 ⇔
7752 + 0 + 660 ≤ 10000 ⇔ **8412** ≤ 10000 ✔
$R_2$: 3000$X_1$ + 3500$X_2$+ 5400$X_3$ ≥ 2100000 ⇔ 3000(646) + 3500(0)+ 5400(30) ≥
2100000 ⇔ 1938000 + 0 + 162000 ≥ 2100000 ⇔ **2100000** ≥ 2100000 ✔
$R_3$: $X_3$≥ 30 ✔
$R_4$: $X_1$, $X_2$, $X_3$ ≥ 0 ✔

A proposta 2 é admissível, pois verifica todas as condições presentes nas restrições.

**Proposta 3**

Nesta proposta os valores de $X$ são: $X_1 = 761$ ; $X_2 = 4$ e $X_3 = 30$

1. **Valor para cada função objetivo**

$f_1(x)$ = 30000$X_1$ + 35000$X_2$+ 105000$X_3$ = 30000(761) + 35000(4) + 105000(30) =
22830000 + 140000 + 3150000 = **26 120 000**

$f_2(x)$ = $X_1$ + $X_2$ + $X_3$ = 761 + 4 + 30 = **795**

Nesta proposta, são enviados 79 500 kits a um custo de 26 120 000 €.

2. **Verificação se a proposta é admissível**

$R_1$: 12$X_1$ + 18$X_2$+ 22$X_3$ ≤ 10000 ⇔ 12(761) + 18(4) + 22(30) ≤ 10000 ⇔
9132 + 72 + 660 ≤ 10000 ⇔ **9864** ≤ 10000 ✔
$R_2$: 3000$X_1$ + 3500$X_2$+ 5400$X_3$ ≥ 2100000 ⇔ 3000(761) + 3500(4)+ 5400(30) ≥
2100000 ⇔ 2283000 + 14000 + 162000 ≥ 2100000 ⇔ **2459000** ≥ 2100000 ✔
$R_3$: $X_3$≥ 30 ✔
$R_4$: $X_1$, $X_2$, $X_3$ ≥ 0 ✔

A proposta 3 também é admissível dado que todas as condições se verificam.

**Proposta 4**

Nesta proposta os valores de $X$ são: $X_1 = 765$ ; $X_2 = 0$ e $X_3 = 30$

1. **Valor para cada função objetivo**

$f_1(x)$ = 30000$X_1$ + 35000$X_2$+ 105000$X_3$ = 30000(765) + 35000(0) + 105000(30) = 22950000 + 0 + 3150000 = **26 100 000**

$f_2(x)$ = $X_1$ + $X_2$ + $X_3$ = 765 + 0 + 30 = **795**

Nesta proposta, são enviados 79 500 kits a um custo de 26 100 000 €.

2. **Verificação se a proposta é admissível**

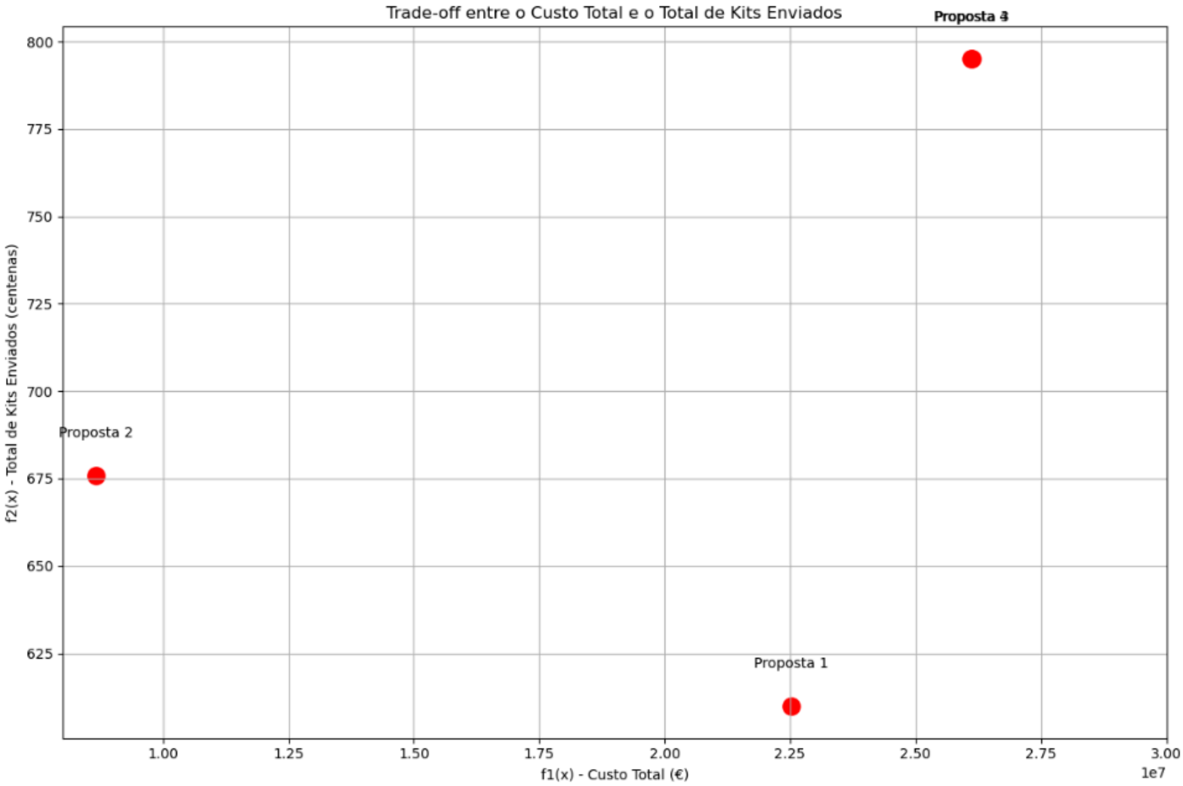
$R_1$: 12$X_1$ + 18$X_2$+ 22$X_3$ ≤ 10000 ⇔ 12(765) + 18(0) + 22(30) ≤ 10000 ⇔ 9180 + 0 + 660 ≤ 10000 ⇔ **9840** ≤ 10000 ✔
$R_2$: 3000$X_1$ + 3500$X_2$+ 5400$X_3$ ≥ 2100000 ⇔ 3000(765) + 3500(0)+ 5400(30) ≥ 2100000 ⇔ 2295000 + 0 + 162000 ≥ 2100000 ⇔ **2457000** ≥ 2100000 ✔
$R_3$: $X_3$≥ 30 ✔
$R_4$: $X_1$, $X_2$, $X_3$ ≥ 0 ✔

A proposta 4 também é admissível, pelo que todas as soluções propostas são admissíveis.

Tabela com soluções das propostas obtidas para cada função (o número máximo de kits a enviar e o mínimo custo total) e para as restrições da carga a transportar e número de pessoas ajudadas:

| | **Proposta 1** | **Proposta 2** | **Proposta 3** | **Proposta 4** |
|---|---|---|---|---|
| $f_1(x)$: **Max Kits** | 61 000 | 67 600 | 79 500 | 79 500 |
| $f_2(x)$: **Min Custo** | 22 530 000 | 8 670 000 | 26 120 000 | 26 100 000 |
| $R_1$ **(carga)** | 9 996 | 8 412 | 9 864 | 9 840 |
| $R_2$ **(pessoas ajudadas)** | 2 100 000 | 2 100 000 | 2 459 000 | 2 457 000 |

Gráfico do Trade-off entre o Custo Total e o Total de Kits Enviados para as propostas:




Com base na tabela e gráfico anteriores, conclui-se que a proposta 3 é dominada pela proposta 4 (no gráfico aparecem sobrepostas, no entanto visualizando na tabela os valores destas para o custo, uma vez que o custo da proposta 4 é menor que o da 3 chega-se a esta conclusão). A proposta 1 é dominada pela 2, pois a 2 apresenta menor custo e maior número de kits.

Assim, o conjunto ótimo de pareto, ou seja, as soluções não dominadas no espaço das soluções admissíveis são as propostas 2 e 4.

A escolha entre as propostas 2 e 4 dependerá do agente decisor. Escolhendo a proposta 4 são enviados mais kits e consequentemente ajudadas mais pessoas, mas a um custo e carga substancialmente superiores comparativamente à proposta 2. Se a proposta 2 for a escolhida, são ajudadas cerca de menos de meio milhão de pessoas que na 4, mas a um custo bastante inferior e como tal mais desejado, sendo o número de kits e carga também relativamente inferior.

# Questão c)

**Quantos kits básicos, avançados e premium deve a organização enviar para o país se a organização estiver interessada, exclusivamente:**

**(i) na minimização do custo da ajuda humanitária?**

Recorrendo ao modelo 1 em programação linear criado em *Python* com a função objetivo de minimização para o custo total da ajuda humanitária e respectivas restrições criadas na alínea a), obtiveram-se os seguintes *outputs*:

```
objective: 22530000.0
x1: 646.0
x2: 0.0
x3: 30.0
carga_transportada: -1588.0
pessoas_ajudadas: 0.0
minimo_kits_premium: 0.0
```

Interpretando os resultados, se a organização estiver apenas interessada na minimização do custo da ajuda humanitária, esta deve enviar:

- 646 centenas/64 600 kits básicos (*x1*)
- 0 kits avançados (*x2*)
- 30 centenas/3 000 kits premium (*x3*)

Isto resulta num custo total ótimo de 22 530 000€ *(objective*).

**(ii) na maximização do total de kits enviados?**

Recorrendo ao modelo 2 em programação linear criado em *Python* com a função objetivo de maximização para o total de kits enviados e respectivas restrições criadas na alínea a), obtiveram-se os seguintes *outputs*:

```
objective: 808.33333
x1: 778.33333
x2: 0.0
x3: 30.0
carga_transportada: -3.9999998989515007e-05
pessoas_ajudadas: 396999.9900000002
minimo_kits_premium: 0.0
```

Se a organização estiver apenas interessada na maximização do total de kits enviados, a mesma deve enviar:

- cerca de 778 centenas/77 800 kits básicos (*x1*)
- exatamente 0 kits médios (*x2)*
- 30 centenas/3 000 kits premium (*x3*)

O que dá um total ótimo de aproximadamente 80 800 kits a enviar *(objective*).

**A organização tem hipótese de atingir os dois objetivos em simultâneo?**

Sim, nesse caso trata-se de um problema de tomada de decisão multicritério, mais especificamente multiobjetivo (não existem soluções ótimas, apenas soluções de compromisso), onde o objetivo é minimizar o custo total associado à aquisição dos kits de ajuda, e simultaneamente maximizar o número total de kits transportados.
Os métodos utilizados para o problema em questão são métodos geradores, isto é, originam soluções ótimas (de pareto) sem ter em consideração as preferências do agente decisor.
O modelo em programação linear multiobjetivo seria o exemplificado na alínea a).

# Questão d)

**Admitindo que a organização atribui igual importância aos objetivos, determine uma solução de envio de kits que garanta:**
**▪ um custo de envio de aproximadamente 22.5 milhões de euros; e**
**▪ o envio de aproximadamente 80800 kits.**
**Explique detalhadamente a metodologia aplicada. Comente a solução obtida.**

Ao assumir que todos os objetivos apresentam igual importância, introduz-se um problema de programação por metas do tipo não preemptiva.
Na programação por metas é estabelecido um valor alvo numérico específico para cada um dos objetivos e, consequentemente procurada a solução que minimiza a soma (ponderada ou não) dos desvios destes objetivos face aos correspondentes valores alvo.Sendo o nível de aspiração o valor alvo numérico desejado ou o nível satisfação da função objetivo em consideração, e a meta uma função objetivo com o respectivo nível de aspiração.

Assim, para a formulação do problema em causa, são criadas as variáveis:

$d_1^-$ e $d_1^+$ → desvios negativo e positivo, respetivamente, da restrição $R_5$
$d_2^-$ e $d_2^+$ → desvios negativo e positivo, respetivamente, da restrição $R_6$

E são acrescentadas duas novas restrições *soft* (representam metas a atingir) às previamente criadas:

$R_5$: $30000X_1 + 35000X_2 + 105000X_3 + d_1^- - d_1^+ = 22500000$ (em euros)

Remete um custo de envio de aproximadamente 22 500 000 €. Na restrição $d_1^-$ representa o desvio do valor (em euros) que foi gasto a menos e que faltava para atingir o nível de aspiração, enquanto $d_1^+$ representa o desvio (valor) que ultrapassou o nível de aspiração.

$R_6$: $X_1 + X_2 + X_3 + d_2^- - d_2^+ = 808$

Corresponde ao envio de aproximadamente 808 centenas/80 800 kits, onde $d_2^-$ representa o desvio do número de kits que foram enviados a menos, e como tal podiam ter sido enviados a mais de modo a atingir o nível de aspiração, enquanto $d_2^+$ representa o número de kits que ultrapassou o nível de aspiração.

As restantes restrições ($R_1$, $R_2$, $R_3$ e $R_4$) tratam-se de metas *hard*, as quais têm obrigatoriamente de ser respeitadas, pelo que não contêm desvios.

As funções objetivo $F_1$ e $F_2$ deixam de fazer sentido, uma vez que o que se pretende é a minimização da soma (não ponderada) dos desvios destes objetivos face aos correspondentes níveis de aspiração.

Assim sendo, a nova função objetivo será a minimização da soma de cada desvio a dividir pelo seu valor alvo (isto para todos os desvios ficarem na mesma unidade de medida, tendo pesos iguais na solução final).

$F_3$: Min $Z = \frac{d_1^- + d_1^+}{22500000} + \frac{d_2^- + d_2^+}{808}$ → função objetivo de minimização da soma não ponderada dos desvios dos objetivos (presentes nas restrições $R_5$ e $R_6$) face aos respetivos níveis de aspiração

Modelo 3 - Modelo em Programação Linear Não Preemptiva:

$F_3$: Min Z = $\frac{d_1^- + d_1^+}{22500000}$ + $\frac{d_2^- + d_2^+}{808}$

s.a.

$R_1$: $12X_1 + 18X_2 + 22X_3 \leq 10000$

$R_2$: $3000X_1 + 3500X_2 + 5400X_3 \geq 2100000$

$R_3$: $X_3 \geq 30$

$R_4$: $X_1, X_2, X_3 \geq 0$

$R_5$: $30000X_1 + 35000X_2 + 105000X_3 + d_1^- - d_1^+ = 22500000$

$R_6$: $X_1 + X_2 + X_3 + d_2^- - d_2^+ = 808$

Solução obtida em *Python* após correr o modelo anterior*:*

```
objective: 0.1646996699669967
x1: 646.0
x2: 0.0
x3: 30.0
carga_transportada: -1588.0
pessoas_ajudadas: 0.0
minimo_kits_premium: 0.0
custo_desejado: 0.0
kits_desejados: 0.0
```

Analisando a solução obtida, o que se pretendia era minimizar a soma não ponderada dos desvios e o valor retornado para a mesma foi de aproximadamente 0.16 (*objective)* o que é um resultado ótimo, bastante próximo de zero, pelo que a solução final está muito próxima dos níveis de aspiração desejados.
O custo de envio foi exatamente o desejado, isto é, 22 500 000 € visto que o valor é de zero para esta restrição significa que se cumpriu na totalidade (*custo_desejado).*
De igual modo, os kits enviados são exatamente 80 800 tal como o desejado (*kits_desejados).*

Nesta solução são enviados:

- 646 centenas/64 600 kits básicos (*x1)*
- 0 kits avançados (*x2)*
- 30 centenas/3 000 kits premium (*x3)*

A carga total de transporte foi de menos 1588 toneladas face ao máximo possível (10000-1588), ou seja, 8 412 toneladas ou equivalente 8 412 000 Kg (*carga_transportada)*.
São ajudadas exatamente 2 100 000 habitantes (*pessoas_ajudadas)*, e o número mínimo de 3 000 kits premium enviados também se cumpre como já se vira (*minimo_kits_premium).*

# Questão e)

**Suponha que a organização decidiu dar mais importância ao cumprimento do nível de aspiração do total de kits enviados. Deste modo, atribuiu uma penalização de 8 pontos por cada 10 kits abaixo do nível de aspiração (80800 kits) e uma penalização de 1 ponto por cada milhão de euros acima do nível de aspiração (22.5 milhões de euros).**
**Sob este cenário, quantos kits básicos, avançados e premium deve a organização enviar para o país?**
**Explique detalhadamente a metodologia aplicada. Comente a solução obtida.**

Ao dar mais importância a um objetivo, o problema de otimização passa a ser de programação por metas do tipo preemptiva, e para tal são atribuídos pesos diferentes consoante a prioridade de cumprimento do objetivo em causa.

Nesta alínea pretende-se atribuir um peso maior ao nível de aspiração do total de kits enviados, com penalização de 8 pontos por cada 10 kits abaixo do nível de aspiração de kits (80800) e uma penalização de 1 ponto por cada milhão de euros acima do nível de aspiração do custo (22.5 milhões de euros).
Para tal, será necessário atribuir à função objetivo $F_3$ as variáveis pesos:

$p_1^-$ = 1 → peso associado a $d_1^-$ (desvio negativo do custo), igual a 1 pois não é atribuído a este nenhum peso e por definição o peso é igual a 1

$p_1^+$ = 1 → peso associado a $d_1^+$(desvio positivo do custo), igual a 1 pois é atribuída uma penalização de 1 por cada milhão de euros acima do nível de aspiração

$p_2^-$ = 8 → peso associado a $d_2^-$(desvio negativo do número de kits), igual a 8 pois são penalizados por 8 pontos cada 10 kits abaixo do nível de aspiração

$p_2^+$ = 1 → peso associado a $d_2^+$(desvio positivo do número de kits), igual a 1 por definição

A função objetivo $F_3$ passa agora a associar os pesos definidos aos respectivos desvios:

$F_4$: Min $Z = \frac{p_1^- d_1^- + p_1^+ d_1^+}{22.5} + \frac{p_2^- d_2^- + p_2^+ d_2^+}{8080}$ → função objetivo de minimização da soma ponderada dos desvios dos objetivos (presentes nas restrições $R_5$ e $R_6$) face aos respetivos níveis de aspiração

As restrições $R_5$ e $R_6$ que tocam ao custo e número de kits são alteradas para as unidades dezenas e milhões, respetivamente, pois as penalizações manifestam-se nestas unidades de medida.

$R_5$: $0.03X_1 + 0.035X_2 + 0.105X_3 + d_1^- - d_1^+ = 22.5$ (em milhões de euros)

$R_6$: $0.1(X_1) + 0.1(X_2) + 0.1(X_3) + d_2^- - d_2^+ = 8080$ (em dezenas)

Anteriormente $R_5$ estava em unidades pelo que se dividiu os preços e nível de aspiração por 1 milhão de modo a converter para milhões. Em $R_6$ como as variáveis do número de kits e valor alvo se encontravam em centenas, multiplicaram-se por 10 para ficar em dezenas, o que não altera a unidade de medida das variáveis na solução final, somente nesta restrição.

Modelo 4 - Modelo em Programação Linear Preemptiva:

$F_4$: Min $Z = \frac{p_1^- d_1^- + p_1^+ d_1^+}{22.5} + \frac{p_2^- d_2^- + p_2^+ d_2^+}{8080}$

s.a.

$R_1$: $12X_1 + 18X_2 + 22X_3 \leq 10000$

$R_2$: $3000X_1 + 3500X_2 + 5400X_3 \geq 2100000$

$R_3$: $X_3 \geq 30$

$R_4$: $X_1, X_2, X_3 \geq 0$

$R_5$: $0.03X_1 + 0.035X_2 + 0.105X_3 + d_1^- - d_1^+ = 22.5$

$R_6$: $10(X_1) + 10(X_2) + 10(X_3) + d_2^- - d_2^+ = 8080$

Solução obtida em *Python* após correr o modelo anterior*:*

```
objective: 0.17733333333333334
x1: 778.0
x2: 0.0
x3: 30.0
carga_transportada: -4.0
pessoas_ajudadas: 396000.0
minimo_kits_premium: 0.0
custo_desejado: -4.440892098500626e-16
kits_desejados: 0.0
```

Analisando a solução obtida, o que se pretendia era minimizar a soma ponderada dos desvios e o valor retornado para a mesma foi de aproximadamente 0.18 (*objective)* o que é um resultado mais uma vez ótimo, muito próximo de zero, logo a solução está muito próxima dos níveis de aspiração/objetivos desejados.
O custo de envio (*custo_desejado)* está aproximadamente 4.44 milhões de euros abaixo do desejado (22.5 - 4.4), o que dá 18.1 milhões de euros, ou seja, 4 440 000 €*.* Os kits enviados (*kits_desejados)* são exatamente 80 800 tal como o desejado*.*

Nesta solução são enviados:

- 778 centenas/77 800 kits básicos (*x1)*
- 0 kits avançados (*x2)*
- 30 centenas/3 000 kits premium (*x3)*

⇒ A organização deve enviar para o país estas quantias de kits

A carga total de transporte foi de menos 4 toneladas face ao máximo possível (10000 - 4), ou seja, 4 000 toneladas ou equivalente 4 000 000 Kg (*carga_transportada)*.
São ajudadas mais 396 000 pessoas (*pessoas_ajudadas),* ou seja 2 496 000 habitantes, e o número mínimo de 3 000 kits premium enviados (*minimo_kits_premium)* também se cumpre como se observara.