

# **METODOLOGIA PARA ESTIMAÇÃO DE FATORES UTILIZANDO A PROGRAMAÇÃO POR METAS OU GOAL PROGRAMMING (GP) E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM METODOLOGIA DA NBR 14653-2**

Trabalho de Avaliação

FREDY ESTUPINAN CARRANZA

João Pessoa - PB  
2025

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



## **METODOLOGIA PARA ESTIMAÇÃO DE FATORES UTILIZANDO A PROGRAMAÇÃO POR METAS OU GOAL PROGRAMMING (GP) E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM METODOLOGIA DA NBR 14653-2**

### **RESUMO**

O trabalho propõe uma metodologia simples e direta para a obtenção de Fatores (coeficientes) de avaliação de imóveis considerando o ponto de vista do mercado. A metodologia proposta, é uma alternativa científica ótima para a estimação dos fatores, ao igual do que menciona a NBR 14653-2 em Método direto de dados de Mercado utilizando fatores, ela é utilizada quando não existem grande número de comparáveis (elementos da amostra), tem que ser entre 5 e 15 comparáveis.

A metodologia proposta, ao igual que no tratamento por fatores, pressupõe a abrangência regional e temporal da amostra e que a mesma seja composta por dados de mercado com características físicas, socioeconômicas e de localização as mais semelhantes possíveis entre si e em relação ao imóvel avaliando. A metodologia proposta, utiliza o Método Multicritério da Pesquisa Operacional, classe modelos Multiobjetivo determinístico da programação por Metas ou Goal Programming (GP).

Foram comparados os resultados com a metodologia clássica utilizada na avaliação por fatores descrita na NBR 14653 -2, e analisadas as vantagens da utilização do Método Programação por Metas ou Goal Programming (GP), quando utilizado para tratar situações reais.

**Palavras-chave:** Fatores; Avaliação de imóveis; Programação por metas

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



## SUMÁRIO

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                               | 4  |
| 2. PROGRAMAÇÃO POR METAS OU GOAL PROGRAMMING (GP) .....           | 5  |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO .....                                      | 6  |
| 3.1 Definição de Função de Valor .....                            | 6  |
| 3.2 Definição de Equação de valor .....                           | 6  |
| 3.3 Premissa do Modelo .....                                      | 6  |
| 3.4 Equação de Valor para o Modelo .....                          | 6  |
| 4. METODOLOGIA .....                                              | 7  |
| 4.1 Classificação e forma de medição dos Critérios .....          | 7  |
| 5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO .....                                     | 7  |
| 5.1 Tratamento por Fatores .....                                  | 8  |
| 5.1.1 Resolução .....                                             | 8  |
| 5.2 Solução utilizando o método Programação por Metas .....       | 19 |
| 5.2.1 Modelo matemático e solução do Modelo .....                 | 20 |
| 5.2.2 Estimação do Valor .....                                    | 22 |
| 6. COMPARAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....                      | 22 |
| 7. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MÉTODO PROGRAMAÇÃO POR METAS ..... | 23 |
| 8. CONCLUSÕES .....                                               | 24 |
| REFERÊNCIAS .....                                                 | 25 |

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



## 1. INTRODUÇÃO

O Anexo B da NBR 14653-2, trata das várias especificações do Método por Fatores para avaliação de um imóvel. A parte mais relevante da Norma é:

- Para isso, são utilizados fatores de homogeneização calculados por metodologia científica, que reflatam, em termos relativos, o comportamento do mercado com determinada abrangência espacial e temporal.

- Recomenda-se que, no tratamento por fatores, a amostra seja composta por dados de mercado com características físicas, socioeconômicas e de localização as mais semelhantes possíveis entre si e em relação ao imóvel avaliando, de forma a exigir apenas pequenos ajustes na homogeneização. Com atributos mais semelhantes possíveis aos do imóvel avaliando e do imóvel paradigma.

- Que sejam contemporâneos.

- Os fatores de homogeneização devem apresentar, para cada tipologia, os seus critérios de apuração e respectivos campos de aplicação, bem como a abrangência regional e temporal.

- Os fatores de homogeneização não podem ser utilizados fora de sua tipologia, campo de aplicação e abrangências regional e temporal.

Na prática, por vários motivos, os avaliadores que utilizam fatores em suas avaliações, não consideram que é necessário a abrangência regional e temporal, não consideram também que os fatores de homogeneização têm que ser calculados por metodologia científica.

Geralmente os avaliadores, consideram os mesmos fatores calculados faz décadas por ilustres colegas e os utilizam indistintamente nos mais diversos lugares do Brasil, muitas vezes, não obedecendo o que determina a NBR-14653-2 sobre o assunto.

De esta forma, o trabalho apresentado, propõe a utilização da Programação por Metas ou Goal Programming (GP) para trazer aos colegas avaliadores, uma forma prática e eficiente, de encontrar os coeficientes (Fatores) que determinam o valor de um determinado bem (bem tangível), através de uma amostra de poucos elementos composta por dados de mercado com características físicas, socioeconômicas e de localização as mais semelhantes possíveis entre si e em relação ao imóvel avaliando com abrangência regional e temporal.

Para permitir a resolução de modelos matemáticos com restrições flexíveis foi proposta por Charnes & Cooper (1961) a programação por Metas (Goal Programming – GP), que é uma área da Programação Multiobjetivos. Nesse sentido, a GP procura uma melhor solução para modelos multiobjetivos frente às metas estabelecidas para os objetivos.

A GP faz isso por intermédio da inclusão de novas restrições do tipo flexível, associadas aos objetivos de interesse, e de variáveis auxiliares, conhecidas como variáveis desvios, relacionadas à obtenção de valores acima ou abaixo das metas e que comporão uma nova função objetivo para modelos de GP (Charnes & Cooper, 1961; Ignizio, 1985; Tamiz et al., 1995, 1998; Romero, 2004; Yaghoobi & Tamiz, 2007).



A Metodologia proposta já aprovada cientificamente e utilizada em diversas áreas científicas, é uma metodologia mais consistente que a metodologia tradicional, pois não é necessário a homogeneização dos comparáveis nem é necessário o saneamento da amostra, os valores são encontrados de forma direta tornando mais simples o processo de obtenção dos fatores (coeficientes). Importante considerar que o método proposto é determinístico.

## 2. PROGRAMAÇÃO POR METAS OU GOAL PROGRAMMING (GP)

A Programação por Metas deriva da Programação Linear, a Programação Linear surge na segunda guerra mundial, com a escassez de recursos se fez necessário a otimização dos mesmos para poder obter ferramentas, uniformes, armas, veículos, entre outros e poder também aplicar uma logística de Guerra. Assim surgem uma série de métodos para resolver o problema de escassez que gera uma Guerra. Em este contexto, um grupo de cientistas desenvolve o Algoritmo Simplex que permite solucionar muitos problemas através da Programação Linear.

De esta forma, após as Normas Internacionais de Avaliação sugerir que se utilizem nas avaliações, métodos cientificamente provados, surge a aplicação de metodologias da pesquisa operacional em processos de avaliação.

A Metodologia proposta utiliza a Programação por Metas que envolve soluções de problemas que contêm não somente uma função objetivo e sim várias funções objetivo identificadas como as metas que se deseja atingir, para estimar os fatores(coeficientes) que definem o valor de um imóvel.

Segundo Killough e Souders (1973, p. 270), a Programação por Metas ou Goal Programming, assim como a programação linear, é um modelo matemático linear, mas existem várias diferenças entre ambas. A técnica de programação linear limita-se a resolver problemas onde os objetivos podem ser estabelecidos em uma meta unidimensional, tal como, maximização de lucro ou minimização de custo. Porém, no dia-a-dia, alguns problemas de otimização, depara-se com muitas metas e transformar estas metas múltiplas em uma meta unidimensional, geralmente, não é possível. Felizmente, o Goal Programming (GP), apareceu para possibilitar a resolução de problemas de decisão com uma meta principal e múltiplas submetas, bem como, com múltiplas metas principais e múltiplas submetas.

Os problemas de programação multicritério, podem ser divididos em duas classes: Multiobjetivos e Multiatributos. Os problemas multiobjetivos, utilizam funções escalares por meio das quais as múltiplas funções objetivo são transformadas em uma única função. Como um recurso para discutir as implicações de possíveis alterações nesses dados na solução obtida, é comum utilizar as técnicas da Análise de Sensibilidade.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Definição de Função de Valor

A estimativa do valor de um bem, está em função dos critérios que o avaliador define ou justifica como variáveis de contribuição ao valor. A contribuição pode ser positiva ou negativa:

$$V = F(C_1, C_2, C_3, \dots, C_n)$$

#### 3.2 Definição de Equação de valor

Derivado da Equação de valor, obtém-se a equação de Valor de um bem:

$$V = a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n$$

Donde:

$a_i$  → Representa a contribuição unitária e

$a_iC_i$  → Representa a contribuição total do critério “i”

#### 3.3 Premissa do Modelo

Os critérios são definidos e justificados pelo avaliador, o valor é estabelecido pelo mercado:

$$a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n = V$$

#### 3.4 Equação de Valor para o Modelo

Variações positivas e negativas:

$$a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n + p_1 - n_1 = V$$

Se

$$a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n < V$$

Então

$$a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n + p_1 = V$$

ou

Se

$$a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n > V$$

Então

$$a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n - n_1 = V$$

## 4. METODOLOGIA

- a) Definir o imóvel a ser avaliado;
- b) Identificar e definir os critérios (Variáveis) para o valor do imóvel avaliando;
- c) Definir a forma de medir cada critério;
- d) Planilha de informações de mercado;
- e) Definir as escalas necessárias;
- f) Planilha de dados para o modelo;
- g) Montar o Modelo Matemático baseado na programação linear;
- h) Solucionar o Modelo Matemático utilizando software de solução do algoritmo Simplex (Solver, Lingo...);
- i) Planilha de contribuição de critérios;
- j) Estimação do valor.

### 4.1 Classificação e forma de medição dos Critérios

São classificados em Qualitativo Ordinal, Qualitativo Nominal, Quantitativo Direto e Quantitativo Indireto.

O Modelo Matemático da Programação por Metas requer que os critérios necessariamente sejam Quantitativos Diretos para o processamento dos dados. De esta forma, se existem critérios classificados como Ordinal, Nominal ou Indireto, temos que transformar estes critérios para critérios Quantitativos Diretos. Esta transformação é feita através de escalas lineares ou não lineares. No caso do Critério Quantitativo Indireto, o podemos transformar em Quantitativo Direto trabalhando com a inversa dos valores ou utilizando o complemento do critério.

## 5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A edificação possui dois pavimentos, totalizando 200m<sup>2</sup> de área, está construída em um lote de 250m<sup>2</sup> (10m de frente e 25m de profundidade), possui padrão econômico de acabamento, estado de conservação necessitando de reparos importantes, idade de 30 anos.

Será utilizado o mesmo exemplo na Metodologia de Avaliação por Fatores segundo a Norma NBR 14653-2 e a Metodologia proposta que utiliza o Método de Programação por Metas.

O exemplo utilizado se encontra na Internet no site “Guia da Engenharia” <https://www.guiadaengenharia.com/tratamento-fatores-exemplo/>, O qual será resolvido também utilizando o Método de Programação por metas e serão confrontados os resultados.

## 5.1 Tratamento por Fatores

Tabela 1: Elementos da Amostra de mercado – Guia da Engenharia

| Dados | Tipo | Frente (m) | Profundidade (m) | Área do lote (m <sup>2</sup> ) | Área da edificação (m <sup>2</sup> ) | Índice fiscal (R\$/m <sup>2</sup> ) | Idade (anos) | Estado de conservação | Padrão de acabamento | Valor de oferta (R\$) |
|-------|------|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1     | lote | 9          | 25               | 225                            | –                                    | 160,60                              | –            | –                     | –                    | 100000,00             |
| 2     | casa | 5          | 25               | 125                            | 180                                  | 165,06                              | 10           | E                     | econômico            | 250000,00             |
| 3     | casa | 5          | 25               | 125                            | 180                                  | 169,52                              | 10           | E                     | econômico            | 250000,00             |
| 4     | casa | 7          | 25               | 175                            | 50                                   | 191,82                              | 8            | E                     | rústico              | 120000,00             |
| 5     | casa | 5          | 25               | 125                            | 220                                  | 191,82                              | 20           | F                     | econômico            | 250000,00             |
| 6     | casa | 5          | 50               | 250                            | 150                                  | 191,82                              | 30           | G                     | proletário           | 150000,00             |

### 5.1.1 Resolução

#### Passo 01: Escolha dos fatores

A partir dos dados já fornecidos, o primeiro passo para a resolução desse problema é a escolha dos fatores de homogeneização que serão utilizados pelo modelo e, para isso, é imprescindível conhecer as características do imóvel avaliando. Desse modo, os fatores escolhidos serão:

- Fator oferta, pois os elementos da amostra fornecem apenas o preço de oferta e necessitamos do valor real;
- Fator localização, pois os imóveis da amostra possuem índices fiscais variados;
- Fatores de forma aplicáveis ao terreno, pois os terrenos possuem formas variadas;
- Fator de acabamento, pois os imóveis da amostra possuem padrão de acabamento diferentes entre si;
- Fator de conservação, pois os imóveis da amostra estão em estados de conservação diferentes.

## Passo 02: Cálculo dos fatores

Após escolhermos os fatores utilizados no modelo, iremos calculá-los, utilizando como referência os valores fornecidos pela Norma de Avaliação de Imóveis Urbanos de IBAPE de SP, pois é onde o imóvel está localizado.

### a) Fator de oferta

Como não é possível determinar o fator oferta com a informação disponível, recomenda-se adotar o valor de 0,90, considerando um desconto de 10% no momento da transação em relação ao valor de oferta.

### b) Fator localização

Esse fator pode ser obtido utilizando a relação entre índices fiscais conforme:

$$FI = IFA / IFD$$

Onde:

- FI é o fator localização;
- IFA é o índice fiscal do avaliando;
- IFD é o índice fiscal do dado, sendo que:  $0,5.(IFA) < IFD < 2.(IFA)$ .

Dessa forma, temos:

Tabela 2: fator de localização – Guia da Engenharia

| Dados            | Índice fiscal (R\$/m²) | Fator Localização – F <sub>I</sub> |
|------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1                | 160,60                 | 169,52/160,60=1,056                |
| 2                | 165,06                 | 169,52/165,06=1,027                |
| 3                | 169,52                 | 169,52/169,52=1,000                |
| 4                | 160,82                 | 169,52/160,82=0,884                |
| 5                | 191,82                 | 169,52/191,82=0,884                |
| 6                | 191,82                 | 169,52/191,82=0,884                |
| <b>Avaliando</b> | 169,52                 | 169,52/169,52=1,000                |

c) Fatores de forma

Tabela 3: fator de forma – Guia da Engenharia

| Residencial                                | Fr | Pmin | Pmáx | f             | p             |
|--------------------------------------------|----|------|------|---------------|---------------|
| 1ª Zona Residencial Horizontal Popular     | 5  | 15   | 30   | Não se aplica | Não se aplica |
| 2ª Zona Residencial Horizontal Médio       | 10 | 25   | 40   | 0,2           | 0,5           |
| 3ª Zona Residencial Horizontal Padrão Alto | 15 | 30   | 60   | 0,15          | 0,5           |

d) Fator Testada

O fator testada é função exponencial da proporção entre a frente projetada e a frente de referência, pela seguinte expressão:

$$F_t = \left( \frac{F_p}{F_r} \right)^f$$

Onde:

- $F_t$  é o fator testada;
- $F_r$  é a frente de referência (m);
- $F_p$  é a frente projetada (m), sendo que:  $0,5.F_r < F_p < 2.F_r$ ;
- $f$  é expoente do fator testada e varia para cada tipo de zona de ocupação.

Dessa forma, sabendo que para imóveis localizados na 2ª zona residencial :

$F_r=10m$  e  $f=0,2$ , temos:

Tabela 4: Fator Testada – Guia da Engenharia

| Dados            | Frente do terreno (m) | Fator Testada – $F_t$ |
|------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                | 9                     | $(10/9)^{0,2}=1,021$  |
| 2                | 5                     | $(10/5)^{0,2}=1,149$  |
| 3                | 5                     | $(10/5)^{0,2}=1,149$  |
| 4                | 7                     | $(10/7)^{0,2}=1,074$  |
| 5                | 5                     | $(10/5)^{0,2}=1,149$  |
| 6                | 5                     | $(10/5)^{0,2}=1,149$  |
| <b>Avaliando</b> | 10                    | $(10/10)^{0,2}=1,000$ |

e) Fator Profundidade

Esse fator, por sua vez, considera a desvantagem do imóvel possuir profundidades fora da faixa recomendável para a região e é calculada para cada situação, conforme a seguir:

Se  $P_{mín} \leq P_e \leq P_{máx}$ , então  $C_p=1$ ;

Se  $0,5.P_{mín} < P_e < P_{mín}$ , então  $C_p=(P_{mí}/P_e)^p$ ;

Se  $P_e < 0,5.P_{mín}$ , então  $C_p=0,5^p$ ;

Se  $P_{máx} < P_e < 3.P_{máx}$ , então

$$C_p = 1 / [(P_{max}/P_e) + [1 - (P_{max}/P_e)] \cdot (P_{max}/P_e)^p]$$

Onde:

- $F_p$  é o fator profundidade;
- $P_e$  é a profundidade equivalente (m) e vale:  $P_e=At/F_p$
- $At$  é área do terreno ( $m^2$ );
- $F_p$  é a frente projetada (m);
- $F_p$  é a frente projetada (m);
- $P_{máx}$  é o limite superior de profundidade para uma determinada zona (m);
- $P_{mín}$  é o limite inferior de profundidade para uma determinada zona (m);
- $p$  é expoente do fator profundidade e varia para cada tipo de zona de ocupação.

Dessa forma, sabendo que para imóveis localizados na 2ª zona residencial  $P_{\min}=25m$ ,  $P_{\max}=40m$ ,  $p=0,5$ , temos:

Tabela 5: Fator Testada – Guia da Engenharia

| Dados            | Profundidade equivalente (m) | Fator profundidade – $F_p$                  |
|------------------|------------------------------|---------------------------------------------|
| 1                | 25                           | 1,00                                        |
| 2                | 25                           | 1,00                                        |
| 3                | 25                           | 1,00                                        |
| 4                | 25                           | 1,00                                        |
| 5                | 25                           | 1,00                                        |
| 6                | 50                           | $1/[(40/50+(1-40/50)*(40/50)^{0,5})]=0,344$ |
| <b>Avaliando</b> | 25                           | 1,00                                        |

#### f) Fator conservação

Para ajustar as diferenças entre a idade aparente e estado de conservação poderão ser calculados os índices de depreciação, preferencialmente pelo Critério de Ross-Heidecke, conforme a seguinte formulação:

$$Foc = R + K.(1-R)$$

Onde:

- Foc é o fator obsolescência e conservação;
- R é o valor residual (decimal), tabela 1;
- K é o coeficiente de Ross-Heidecke, tabela 2.



Tabela 6: Vida referencial e valor residual – Guia da Engenharia

| Classe      | Tipo        | Padrão            | Idade referencial (anos) | Valor residual (%) |
|-------------|-------------|-------------------|--------------------------|--------------------|
| Residencial | Barraco     | Padrão rústico    | 5                        | 0                  |
|             |             | Padrão simples    | 10                       | 0                  |
|             |             | Padrão rústico    | 60                       | 20                 |
|             | Casa        | Padrão proletário | 60                       | 20                 |
|             |             | Padrão econômico  | 70                       | 20                 |
|             |             | Padrão simples    | 70                       | 20                 |
|             |             | Padrão médio      | 70                       | 20                 |
|             |             | Padrão superior   | 70                       | 20                 |
|             |             | Padrão fino       | 60                       | 20                 |
|             |             | Padrão luxo       | 60                       | 20                 |
|             | Apartamento | Padrão econômico  | 60                       | 20                 |
|             |             | Padrão simples    | 60                       | 20                 |
|             |             | Padrão médio      | 60                       | 20                 |
|             |             | Padrão superior   | 60                       | 20                 |
|             |             | Padrão fino       | 50                       | 20                 |
|             |             | Padrão luxo       | 50                       | 20                 |

A partir dos valores fornecidos pela tabela 6, podemos agora calcular o valor da porcentagem de vida em relação à idade referencial dos imóveis:

g) Fator padrão de acabamento

Para esse fator, faremos uso os valores unitários publicados pelo caderno de Valores de Edificações de Imóveis Urbanos do IBAPE/SP para eliminar as diferenças relativas aos detalhes de acabamento entre diferentes imóveis da amostra.

Desse modo, temos:

$$F_{pa,rústico,mínimo}=0,409$$

$$F_{pa,proletário,mínimo} =0,624$$

$$F_{pa,econômico,mínimo} =0,919$$

Tabela 7 – Idade em % de Vida Referencial – Guia de Engenharia

| Dados        | Padrão de acabamento | Idade real (anos) | Idade referencial – IR (anos) | Idade em % da vida referencial |
|--------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1            | –                    | –                 | –                             | –                              |
| 2            | R. econômico         | 10                | 70                            | 10/70=14,28%                   |
| 3            | R econômico          | 10                | 70                            | 10/70=14,28%                   |
| 4            | R rústico            | 8                 | 60                            | 08/60=13,33%                   |
| 5            | R econômico          | 20                | 70                            | 20/70=28,57%                   |
| 6            | R proletário         | 30                | 60                            | 30/60=50,00%                   |
| <b>Aval.</b> | R econômico          | 30                | 70                            | 30/70=42,87%                   |

De posse dos valores das tabelas anteriores, o fator de conservação para os imóveis são:

Tabela 8 – Fator de Conservação – Guia de Engenharia

| .          | I. % da V. referencial | Estado de C. | V. residual - R | C. de Ross – K | F. de Cons. – F <sub>oc</sub> |
|------------|------------------------|--------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
|            | –                      | –            | –               | –              | –                             |
|            | 14,28%                 | E            | 0,20            | 0,754          | 0,2+0,754(1-0,2)=0,8032       |
|            | 14,28%                 | E            | 0,20            | 0,754          | 0,2+0,754(1-0,2)=0,8032       |
|            | 13,33%                 | E            | 0,20            | 0,754          | 0,2+0,754(1-0,2)=0,8032       |
|            | 28,57%                 | F            | 0,20            | 0,548          | 0,2+0,548(1-0,2)=0,6384       |
|            | 50,00%                 | G            | 0,20            | 0,296          | 0,2+0,296(1-0,2)=0,4368       |
| <b>val</b> | 42,87%                 | E            | 0,20            | 0,575          | 0,2+0,575(1-0,2)=0,6600       |

### Passo 03: Cálculo do valor das benfeitorias da amostra

De acordo com o tratamento por fatores, o valor de uma edificação pode ser obtido por:

$$V_c = A_c \cdot CUB \cdot P_{pa} \cdot F_{oc}$$

Desse modo, de acordo com o SIDUSCON, sabendo que o custo unitário básico (CUB) de uma residência do tipo multifamiliar de padrão normal em São Paulo é 1.431,53 R\$/m², temos:

Tabela 9 – Valor da edificação – Guia de Engenharia

| Dados | Área da edificação em (m²) | CUB (R\$/m²) | F <sub>pa</sub> | F <sub>oc</sub> | Valor da edificação (R\$) |
|-------|----------------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | –                          | –            |                 | –               | –                         |
| 2     | 180                        | 1.431,53     | 0,919           | 0,8032          | 190200,72                 |
| 3     | 180                        | 1.431,53     | 0,919           | 0,8032          | 190200,72                 |
| 4     | 50                         | 1.431,53     | 0,409           | 0,8032          | 23513,51                  |
| 5     | 220                        | 1.431,53     | 0,919           | 0,6384          | 184770,02                 |
| 6     | 150                        | 1.431,53     | 0,624           | 0,4368          | 58527,36                  |

### Passo 04: Cálculo do valor dos terrenos da amostra

Para encontrarmos o valor remanescente referente ao terreno dos imóveis da amostra, aplicamos o fator de oferta de 0,90 sobre o preço de oferta e encontraremos o valor negociado, conforme abaixo:

Tabela 10 – Valor do terreno – Guia de Engenharia

| Dados | Valor de oferta (R\$) | Valor negociado (R\$) | Valor da edificação (R\$) | Valor do terreno (R\$) |
|-------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| 1     | 100000                | 90000                 | –                         | 90000,00               |
| 2     | 250000                | 225000                | 190200,72                 | 34799,28               |
| 3     | 250000                | 225000                | 190200,72                 | 34799,28               |
| 4     | 120000                | 108000                | 23513,51                  | 84486,49               |
| 5     | 250000                | 225000                | 184770,02                 | 40229,98               |
| 6     | 150000                | 135000                | 58527,36                  | 76472,64               |

#### Passo 05: Aprimoramento da amostra (Saneamento da Amostra)

Após a homogeneização dos dados, o próximo passo é o saneamento da amostra, que consiste na utilização da estatística para eliminar eventuais discrepâncias que podem comprometer a amostra.

Cálculo da média dos valores unitários homogeneizados dos elementos da amostra para isso, primeiro precisamos realizar a homogeneização de cada elemento, individualmente, pela expressão abaixo e, após isso, calcular a média aritmética normalmente.

$$Vu = Vr \cdot [1 + (F1-1) + (F2-1) + (F3-1) + \dots + (Fn-1)]$$

Onde:

- Vu é o valor básico unitário após ajuste por fatores;
- Vr é o valor de oferta;
- F1, F2, F3, ... Fn são os fatores de homogeneização.

Tabela 11 – Valores unitários homogêneos – Guia da Engenharia

| Dado | V. do terreno (R\$) | At (m²) | Vr (R\$/m²) | FI   | Ft  | Fp     | Vu (R\$/m²) |
|------|---------------------|---------|-------------|------|-----|--------|-------------|
| 1    | 90000,00            | 225     | 400,0       | ,056 | ,02 | 1,0000 | 430,40      |
| 2    | 34799,28            | 125     | 278,4       | ,027 | ,15 | 1,0000 | 327,68      |
| 3    | 34799,28            | 125     | 278,4       | ,000 | ,15 | 1,0000 | 320,16      |
| 4    | 84486,49            | 175     | 482,8       | ,884 | ,07 | 1,0000 | 460,59      |
| 5    | 40229,98            | 125     | 321,8       | ,884 | ,15 | 1,0000 | 332,74      |
| 6    | 76472,64            | 250     | 305,9       | ,884 | ,15 | 0,3440 | 115,74      |

Tabela 12 – Média amostral – Guia da Engenharia

| Dados | Vu (R\$/m²) | Média (R\$/m²) | Desvio padrão (R\$/m²) |
|-------|-------------|----------------|------------------------|
| 1     | 430,4       | 331,2          | 120,99                 |
| 2     | 327,68      |                |                        |
| 3     | 320,16      |                |                        |
| 4     | 460,59      |                |                        |
| 5     | 332,74      |                |                        |
| 6     | 115,63      |                |                        |

Para esse passo, vale observar que o dado 6 não está contido no intervalo  $0,5 \cdot \bar{x} < V_u < 2 \cdot \bar{x}$ , isso nos mostra que a amostra não é satisfatória, então deveremos eliminar esse dado discrepante.

Desse modo, repetiremos o passo 05 novamente retirando o dado 06.

Tabela 13 – Média Amostral (2ª tentativa)

| Dados | $V_u$ (R\$/m²) | Média (R\$/m²) | Desvio padrão (R\$/m²) |
|-------|----------------|----------------|------------------------|
| 1     | 430,4          | 374,31         | 66,00                  |
| 2     | 327,68         |                |                        |
| 3     | 320,16         |                |                        |
| 4     | 460,59         |                |                        |
| 5     | 332,74         |                |                        |

OBS: Dessa vez todos os valores estão no intervalo

$$0,5 \cdot \bar{x} < V_u < 2 \cdot \bar{x}$$

#### Passo 06: Estimativa do valor do imóvel avaliando

Após o saneamento da amostra, iremos estimar o valor do imóvel avaliando, que deverá ser a soma do valor do terreno e o valor da edificação.

#### Valor do terreno

O valor do terreno por meio do tratamento por fatores foi calculado conforme expressão a seguir:

$$V_t = \{V_u / [1 + (F_I - 1) + (F_t - 1) + (F_p - 1)]\} \cdot A_t$$

$$V_t = \{374,31 / [1 + (1 - 1) + (1 - 1) + (1 - 1)]\} \cdot 250$$

$$V_t = \text{R\$ } 93.578,46$$

## Valor da construção

O valor da benfeitoria existente neste terreno pode ser calculado por:

$$V_c = A_c \cdot CUB \cdot Ppa \cdot Foc$$

$$V_c = 200 \cdot 1431,53 \cdot 0,919 \cdot 0,66$$

$$V_c = \text{R\$ } 173.656,04$$

## Valor total

Portanto, o valor final será:

$$VT = 93.578,46 + 173.656,04 = \text{R\$ } 267.234,50$$

$$VT = \text{R\$ } 267.000,00$$

## 5.2 Solução utilizando o método Programação por Metas

Os fatores, no exemplo em estudo, somente são utilizados para a homogeneização de comparáveis no que se refere ao valor do Terreno, eles não estão sendo aplicados para a avaliação de benfeitorias do imóvel. Com a finalidade de comparar os resultados, no Método de Programação por Metas, também serão encontrados os fatores (coeficientes) para determinar o valor do terreno. Mas que fique claro, que no método proposto, se podem estimar também os coeficientes para determinar o valor das benfeitorias ou qualquer outro valor de bens tangíveis como carros, fazendas, maquinários, entre outros.

Tabela 14 – Elementos da Amostra de Mercado

| Dados | Tipo | Frente (m) | Profundidade (m) | área do Lote (m²) | Índice Fiscal (R\$/m²) | Valor do Terreno (R\$) | Valor unit (R\$/m²) |
|-------|------|------------|------------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| 1     | Lote | 9          | 25               | 225               | 160,60                 | 90000,00               | 400,0               |
| 2     | Casa | 5          | 25               | 125               | 165,06                 | 34799,28               | 278,4               |
| 3     | Casa | 5          | 25               | 125               | 169,52                 | 34799,28               | 278,4               |
| 4     | Casa | 7          | 25               | 175               | 191,82                 | 84486,49               | 482,8               |
| 5     | Casa | 5          | 25               | 125               | 191,82                 | 40229,98               | 321,8               |
| 6     | Casa | 5          | 50               | 250               | 191,82                 | 76472,64               | 305,9               |

## 5.2.1 Modelo matemático e solução do Modelo

### 5.2.1.1 Definir o imóvel a ser avaliado

A edificação possui dois pavimentos, totalizando 200m<sup>2</sup> de área, está construída em um lote de 250m<sup>2</sup> (10m de frente e 25m de profundidade), possui padrão econômico de acabamento, estado de conservação necessitando de reparos importantes, idade de 30 anos.

### 5.2.1.2 Identificar e definir os Critérios (Variáveis) para o valor do imóvel avaliando

Os critérios utilizados são: Frente, área e localização (Índice Fiscal). São estes critérios que segundo o avaliador, estimam a área do imóvel a ser avaliado.

### 5.2.1.3 Definir a forma de medir cada critério

Frente → m;

Área → m<sup>2</sup> (foi utilizado a inversa do valor para transformar em critério direto);

Localização → Foi utilizado o valor da IF em Reais

Tabela 15 – Planilha de informações de mercado

| Dados | Frente(m) | área do Lote (m <sup>2</sup> ) | Índice Fiscal (R\$/m <sup>2</sup> ) | Valor unit (R\$/m <sup>2</sup> ) |
|-------|-----------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1     | 9         | 225                            | 160,6                               | 400                              |
| 2     | 5         | 125                            | 165,06                              | 278,4                            |
| 3     | 5         | 125                            | 169,52                              | 278,4                            |
| 4     | 7         | 175                            | 191,82                              | 482,8                            |
| 5     | 5         | 125                            | 191,82                              | 321,8                            |
| 6     | 5         | 250                            | 191,82                              | 305,9                            |

### 5.2.1.4 Montar o Modelo Matemático baseado na programação linear

Considerando-se que cada comparável, pode conter algum erro positivo (p) ou negativo (n), é colocado em cada equação variáveis auxiliares, conhecidas como variáveis desvios, relacionadas à obtenção de valores acima ou abaixo das metas e que comporão uma nova função objetivo para modelos de GP. No exemplo, foram utilizados p1, n1 para a equação (comparável) 1, p2, n2 para o comparável 2 e assim sucessivamente até o comparável 6. A soma (valores absolutos) das variáveis de desvio ou auxiliares tem que ser mínimas, então a primeira função objetivo minimiza esta soma, o modelo além de minimizar a função objetivo composta pela soma das variáveis auxiliares, tem que cumprir com as equações (todas) formadas por cada comparável, estas equações também são funções objetivos, por isso o nome de



metodologia Multiobjetivo. A situação ótima do Sistema é quando a somatória das variáveis de desvio tem valor mínimo. O Resultado do modelo só interpreta o mercado mais nada, pois as vezes esses valores “mínimos” podem indicar que houve uma desvalorização ou super valorização do comparável pelo mercado, isto não indica que está errado e sim o comportamento do mercado, ou também pode indicar que o avaliador deixou de considerar alguma variável importante para estimar o valor do bem avaliando.

$$\text{Min} = p1+n1 + p2+n2 + p3+n3 + p4+n4 + p5+n5 + p6+n6$$

$$9F + (1/225)AI + 160,60L + p1 - n1 = 400$$

$$5F + (1/125)AI + 165,06L + p2 - n2 = 278,4$$

$$5F + (1/125)AI + 169,52L + p3 - n3 = 278,4$$

$$7F + (1/175)AI + 191,82L + p4 - n4 = 482,8$$

$$5F + (1/125)AI + 191,82L + p5 - n5 = 321,8$$

$$5F + (1/250)AI + 191,82L + p6 - n6 = 305,9$$

### 5.2.1.5 Solucionar o Modelo Matemático utilizando software de solução do algoritmo Simplex

Na comparável 1, p1 e n1 igual a zero significa que equação da comparável traduziu de forma muito eficiente o valor de mercado com as variáveis consideradas, no caso F(frente), AI(inversa da área) e L(Localização); mesma coisa com a comparável 6. Na comparável 2 o valor do n2 foi igual a 5,6748, significa que o mercado avalio em menos 5,6748 o valor unitário da comparável 2, mesma coisa na comparável 3 com o valor de 9,3123. Nas comparáveis 4 e 5 onde n4 e n5 tem o valor zero, significa que o mercado supervalorizou em 117,1186 o comparável 4 e em 15,9000 o comparável 5.

Tabela 16 –Resultados do Software Lingo

| Variable | Value    | Variable | Value   |
|----------|----------|----------|---------|
| P1       | 0.0000   | N4       | 0.0000  |
| N1       | 0.0000   | P5       | 15,9000 |
| P2       | 0.0000   | N5       | 0.0000  |
| N2       | 5,6748   | P6       | 0.0000  |
| P3       | 0.0000   | N6       | 0.0000  |
| N3       | 9,3123   | F        | 29,8907 |
| P4       | 117,1186 | AI       | 0.0000  |
|          |          | L        | 0,8156  |

## 5.2.2 Estimação do Valor

Tabela 17 – Planilha de Estimação do Valor

| Criterios                       | Coefficiente | Bem Avaliando | Contribuição   |
|---------------------------------|--------------|---------------|----------------|
| F                               | 29,890680    | 10            | 298,9068       |
| AI                              | 0,000000     | 250           | 0              |
| L                               | 0,815591     | 169,52        | 138,2589016    |
| Valor unitário do bem avaliando |              |               | R\$ 437,17     |
| Valor do bem avaliando          |              |               | R\$ 109.291,43 |

## 6. COMPARAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tabela 18 – Comparação e análise dos resultados

|                           | Valor unitário do terreno | Área do Terreno | Valor do terreno |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| FATORES DE HOMOGENEIZAÇÃO | 374,31                    | 250             | 93.577,50        |
| PROGRAMAÇÃO POR METAS     | 437,17                    | 250             | 109.292,50       |
| DIFERENÇA DE VALOR        | 62,86                     |                 | 15.715,00        |

O Método de Programação por Metas estimou um valor do terreno em R\$ 15.715,00 reais a mais que pelo método dos Fatores, sobre o resultado é bom enfatizar que o Método por fatores, através de coeficientes (Fatores) tenta aproximar os comparáveis ao valor do bem avaliando para depois trabalhar com a média, e como no exemplo mostrado, se faz um saneamento e até são descartados valores que se encontram fora dos Intervalos estabelecidos (Chauvanet e outros), ou seja, já são poucos comparáveis e anda são rejeitados mais alguns, considerando-se ainda que são utilizados coeficientes geralmente fora das Normas estabelecidas pela NBR 14653-2 no que se refere a abrangência Espacial e Temporal. Qual a certeza de meus resultados no método por fatores? Os dados uma vez homogêneos podem até ser dados com um comportamento Normal, ter média e Desvio Padrão dentro dos parâmetros da estatística básica, mas qual a certeza de meus resultados?

Como se pode ver na tabela 11, os fatores uma vez aplicados, modificam em muito o valor dos dados de mercado observados, vejamos:

Tabela 19 – Diferença entre dados de mercado e dados após aplicação dos fatores

| DADOS | DADOS DE MERCADO OBSERVADOS | DADOS APÓS APLICAÇÃO DE FATORES | DIFERENÇA |
|-------|-----------------------------|---------------------------------|-----------|
| 1     | 400                         | 430,4                           | 30,4      |
| 2     | 278,4                       | 327,68                          | 49,28     |
| 3     | 278,4                       | 320,16                          | 41,76     |
| 4     | 482,8                       | 460,59                          | -22,21    |
| 5     | 321,8                       | 332,74                          | 10,94     |
| 6     | 305,9                       | 115,74                          | -190,16   |

Se pode observar que com a aplicação dos fatores, os dados observados de Mercado têm grandes mudanças, um exemplo é a sexta observação que passou de 305,9 para 115,74, o grande problema é a confiabilidade dos fatores para fazer estas mudanças de valores com os dados observados. A qualidade e consistência dos Fatores é o grande problema, pois é de estes fatores que será derivado todos os resultados.

No método de Programação por partes, não são afetados os dados de mercado, não se trabalha com a média e sim com todos os valores observados de mercado, é um método muito consistente por causa da análise de sensibilidade do método, foi testado que mesmo acontecendo erros na captação dos dados de mercado, por dizer, se tivesse escrito 4000 no lugar de 400 o valor dos coeficientes encontrados seriam muito próximos ou até iguais aos valores encontrados com 400, o que varia é o valor de n e p, mas o valor dos coeficientes se mantêm praticamente iguais, o Modelo é pouco sensível a erros dos dados observados além de outras vantagens que serão colocadas em conclusões. De esta forma o valor obtido pelo método de Programação por metas, segundo o autor, é bem mais consistente, que o valor obtido pelo Método dos fatores mesmo estando os fatores dentro das Normas da NBR14653-2.

## 7. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MÉTODO PROGRAMAÇÃO POR METAS

- 1) O Método Programação por Metas é pouco sensível a erros de alguma comparável do conjunto que fazem parte do modelo, é recomendado entre 5 a 15 comparáveis (elementos da amostra);
- 2) O Modelo é adequado a mercados com carência de comparáveis;
- 3) É um modelo que permite trabalhar com os dados existentes, quando parte das comparáveis não são tão semelhantes ao resto ou maioria das comparáveis;
- 4) Não se pode abusar da situação de usar alguns das comparáveis muito diferentes do resto, em hipóteses as comparáveis têm que ser semelhantes;

- 5) A única subjetividade que tem o modelo é no referente à definição de escalas para os critérios (variáveis), tudo o resto é matemática;
- 6) Em Critérios qualitativos, as escalas tem que ser muito bem definidas, precisamente a única subjetividade do Modelo é as escalas definidas pelos Avaliadores quando as variáveis são qualitativas;
- 7) Este Modelo nos permite contar com uma ferramenta muito consistente para a estimação de valores.

## 8. CONCLUSÕES

- 1) O Método de Programação por partes, se apresenta como uma excelente alternativa para a estimação de coeficientes(fatores) que permitem estimar o valor de um bem, em substituição ao Método por Fatores de Homogeneização, o mesmo é rápido, direto, não elimina comparáveis e é muito consistente;
- 2) Os coeficientes do método por fatores tentam homogeneizar as comparáveis tornando-as mais próximas do bem avaliando para depois trabalhar com a média das observáveis e até eliminar alguma comparável que se encontra muito distante da média (através de critérios técnicos), tudo isto torna o método (fatores), mais frágil a nível de consistência, pois as comparáveis passam por vários processos estatísticos mudando totalmente os dados de mercado das comparáveis para depois estimar a valor do bem avaliando. O método da programação por metas, não muda os dados de mercado e o processo de obtenção dos coeficientes é direto e determinístico, é bem mais fácil operacionalmente e mais consistente trabalhar com o método de programação por metas;
- 3) A dificuldade na obtenção dos fatores é muito grande, além de não serem precisos e existir muita subjetividade nos fatores a serem utilizados, são utilizados geralmente fatores fora da espacialidade e temporalidade do bem avaliando;
- 4) A Norma diz que os fatores tem que ser concedidas por entidades técnicas de prestígio e reconhecidas tecnicamente, só que no Brasil não é mais fornecido fatores para os avaliadores, de esta forma os Avaliadores utilizam geralmente os fatores já existentes, ficando o trabalho realizado fora das Normas estabelecidas pela NBR 14653-2;
- 5) O Método de Programação por Metas, é um método mais que reconhecido cientificamente e utilizado em várias áreas técnicas, como tal é um método que poderia ser utilizado pelos avaliadores, além de facilitar o trabalho em situações de carência de comparáveis, a facilidade em sua aplicação e a consistência dos resultados acrescentaria qualidade e agilidade nas avaliações onde existem poucos elementos de uma amostra (entre 5 e 15). Ao igual que no método por fatores, a partir das comparáveis se pode calcular o Grau de Precisão e o Grau de fundamentação do trabalho realizado, assim também os Intervalos de confiança.

- 6) O Trabalho realizado mostra que a ciência ainda pode facilitar e aprimorar o trabalho dos avaliadores. Desejo que o Método Programação por Metas, possa ser incluso nas metodologias existentes nas Normas de avaliação regulamentadas na NBR 14653. O método Programação por Metas, pode ser utilizado em várias áreas das avaliações, como em maquinários, áreas Rurais, entre outros.

## REFERÊNCIAS

- Aköz, O., & Petrovic, D. (2007). A fuzzy goal programming method with imprecise goal hierarchy. *European Journal of Operational Research*, 181(3), 1427-1433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.049>
- Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- IGNIZIO, James P. A review of goal programming: a tool for multioobjective analysis. *The Journal of the Operation Research Society*, v. 29, nov. 1978, p. 1109-1119. Disponível em: . Acesso em: 15 jun. 2003.
- KILLOUGH, Larry N.; SOUDERS, Thomas L. A goal programming model for public accounting firms. *The Accounting Review*, v. 48, apr. 1973, p. 268-279. Disponível em: . Acesso em: 15 jun. 2003.
- Tamiz, M., Jones, D. F., & El-Darzi, E. (1995). A review of Goal Programming and its applications. *Annals of Operations Research*, 58, 39-53. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02032309>
- Pizzolato, N. D., & Gandolpho, A. A. (2012). *Técnicas de Otimização* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Yaghoobi, M. A., & Tamiz, M. (2007). A note on article A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function. *European Journal of Operational Research*, 176, 636-640. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.06.045>