

# Estudo Econômico dos Prolongamentos de Dutos

João Veloso Andrade

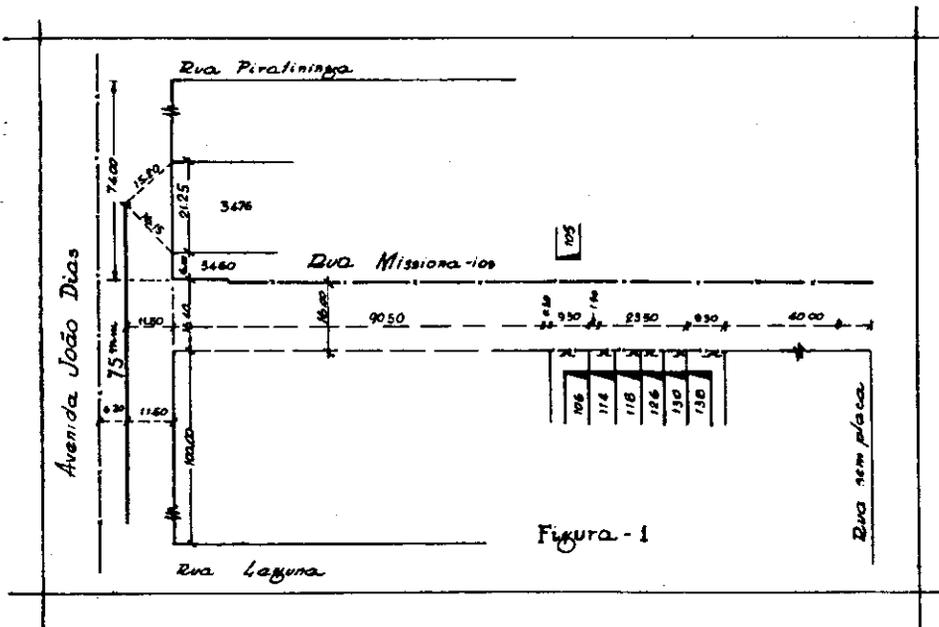
(Engenheiro da 3.<sup>a</sup> S. T. da R. A. E.)

## a — Problema geral

Quando em Setembro de 1937 assumi o cargo de auxiliar da Rêde de Distribuição de Águas da Cidade de São Paulo, deparava quasi que diâriamente com problemas como os da fig. 1; uma nova rua aberta, com algumas casas construidas entre terrenos baldios, cujos moradores requeriam prolongamento da rêde de águas.

## b — Solução Corrente

Nêstes casos fazia-se o seguinte cálculo (fig. 1).



- 1 — Media-se a distância entre a extremidade mais próxima da rêde existente e a última casa a abastecer (no nosso caso concreto 146.59 m.) Assim calculava-se o custo  $K$  do prolongamento.
- 2 — Contavam-se as casas a abastecer (no nosso caso concreto 7) e atribuia-se uma certa renda média, que cada uma iria dar à R.A.E., depois de ligada ao prolongamento projetado. Assim obtinha-se uma renda provável  $R$  do prolongamento no fim de um ano.

3 — Usando a fórmula (curva 1 da fig. 2):

$$\frac{R}{K} = \frac{n-1}{p^n-1} p^n \quad (1)$$

onde  $p$  é a taxa de juros adotada, calculava-se o número de anos  $n$  necessários para a amortização do custo do prolongamento. Conforme o valor de  $n$ , o prolongamento era autorizado ou não.

### c — Solução Exata

Desde logo pareceu-me que esta solução importava em prejuízo para a R.A.E. e injustiça para a população. Com efeito, a renda anual  $R$  não é uma constante, porém tende sempre a aumentar, especialmente nas cidades em desenvolvimento. Isto porque nos terrenos baldios que se vêem na fig. 1, ha probabilidades de novas construções, que além do mais, são estimuladas pelo prolongamento dado. Assim o valor de  $n$  dado pela fórmula (1) é exagerado, o que equivale a dizer, muitos prolongamentos de fato interessantes, eram negados por erro de cálculo.

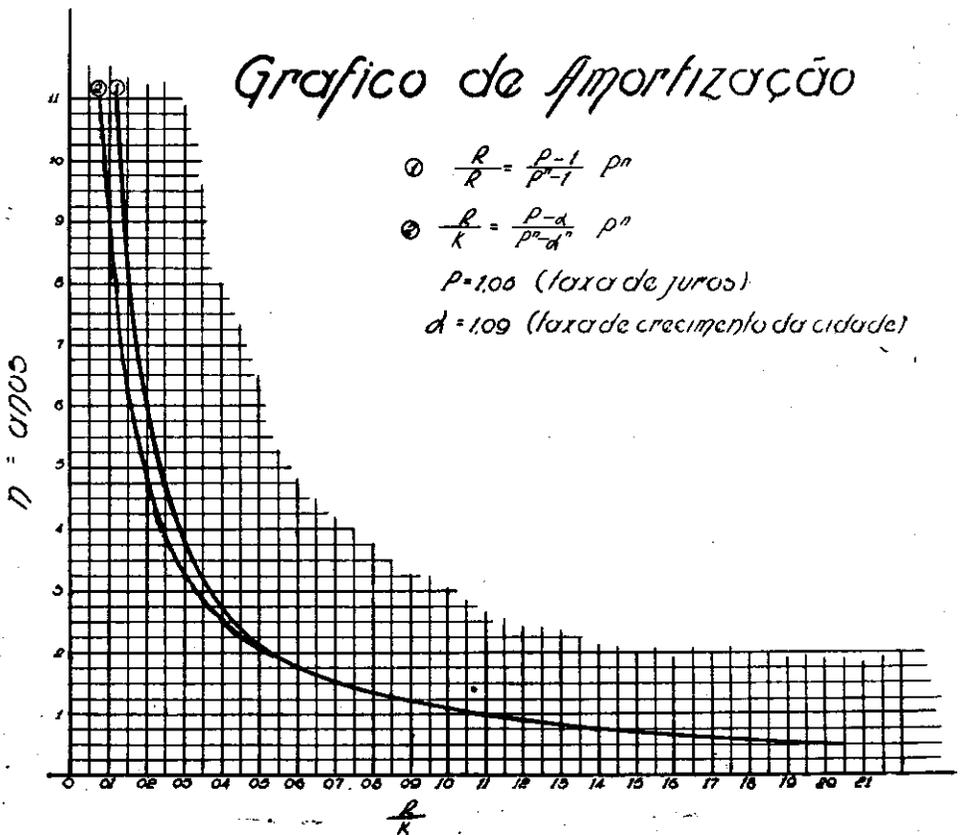


Figura - 2

Vemos portanto que a renda  $R$  cresce (provavelmente) de ano para ano, de uma constante  $\alpha$ , a qual depende do desenvolvimento da cidade.

Ora, a fórmula (1) é obtida \* da identidade:

$$Kp^n = Rp^{n-1} + Rp^{n-2} + \dots + R \quad (2)$$

Mas no nosso caso  $R$  não é uma constante, porém, no segundo ano será  $R\alpha$ , no terceiro  $R\alpha^2$ , etc., no enesimo  $R\alpha^{n-1}$

Substituindo estes valores em (2) teremos:

$$Kp^n = Rp^{n-1} + R\alpha p^{n-2} + R\alpha^2 p^{n-3} + \dots + R\alpha^{n-1}$$

Donde:

$$\frac{Kp^n}{\alpha^n - 1} = R \left( \frac{p}{\alpha} \right)^{n-1} + R \left( \frac{p}{\alpha} \right)^{n-2} + \dots + R = R \frac{\left( \frac{p}{\alpha} \right)^n - 1}{\frac{p}{\alpha} - 1}$$

Simplificando, obtemos:

$$\frac{R}{K} = \frac{p - \alpha}{p^n - \alpha^n} p^n \quad (3)$$

Esta é a fórmula exata, a ser aplicada ao problema em estudo. Com ela construí a curva (2) da fig. 2.

#### d — Cálculo de $\alpha$

O valor de  $\alpha = 1.09$ , com que foi construída a curva acima citada, calculou-se por meio de uma estatística do desenvolvimento das ligações a rede de águas em São Paulo durante o período de 1933 a 1939: é de se notar que foi um período muito normal para a cidade.

Para esta estatística, escolhi ruas novas, em bairros que então estavam se desenvolvendo, a-fim-de ficar o mais possível dentro das condições do problema\*\*

A tabela abaixo dispensa qualquer comentário, pela sua clareza.

É de se notar que este método aplica-se a qualquer outra cidade e a qualquer sistema de dutos, seja para água, gás, telefone, energia elétrica, etc. Em cada caso  $\alpha$  terá seu valor particular, que deverá ser substituído na fórmula (3).

\* — Vide qualquer Algebra Elementar.

\*\* — É de se notar que no centro da cidade o número de ligações tem sempre diminuído, com a demolição de prédios velhos e construção de grandes edifícios coletivos em seu lugar.

BAIRRO	RUA	LIGAÇÕES							
		Até 33	33	34	35	36	37	38	Até 1/7/39
PINHEIROS	Cardeal Arco Verde	143	7	21	12	13	11	34	3
	Ferreira de Araujo	46	5	0	3	3	3	1	3
	Iquitos	5	0	2	1	0	6	1	0
CERQUEIRA CESAR	Artur Azevedo	151	5	21	31	30	9	38	7
	Pinheiros	101	6	14	2	0	7	7	2
	Rebouças	109	0	2	6	1	4	6	6
JARDIM EUROPA	Groelândia	26	6	3	6	6	6	2	2
	Alemanha	18	2	0	0	4	2	3	1
	Turquia	1	0	0	0	1	2	1	0
JARDIM PAULISTA	Venezuela	24	0	0	2	0	1	1	0
	Madre Teodora	6	0	0	8	13	11	4	1
	Brasil	39	5	7	6	7	6	3	5
VILA CLEMENTINO	Borges Lagoa	36	1	2	2	4	15	7	5
	Napoleão de Barros	27	8	5	13	17	2	4	8
	Sena Madureira	76	0	6	2	15	9	5	2

BAIRRO	RUA	LIGAÇÕES							
		Até 33	33	34	35	36	37	38	Até 1/7/39
ACLIMAÇÃO	José Getúlio	54	5	2	4	2	8	3	3
	Oliveira Peixoto	82	0	1	6	3	5	2	1
CAMBUÇÍ	Teodoreto Souto	97	4	11	10	16	7	11	2
	Lacerda Franco	65	6	16	4	4	9	15	8
	Gama Cerqueira	101	2	7	14	5	9	0	1
PACAEMBÚ	Pacaembú	10	1	10	4	7	3	4	4
	Itápolis	3	2	0	2	8	6	14	4
	Angatuba	0	0	0	0	0	1	1	2
ÁGUA BRANCA	Clélia	160	9	15	28	28	32	27	11
	Melo Oliveira	27	2	4	3	33	14	12	12
ÁGUA BRANCA	Guará	32	7	6	1	3	7	10	5
	Barão Bananal	71	13	25	14	9	22	11	13
IPIRANGA	Lino Coutinho	138	5	10	7	9	4	7	7
	Agostinho Gomes	168	15	11	40	21	15	15	4
	Nazaré	16	0	1	0	0	1	0	0
	General Lecúr	70	7	15	23	23	8	4	1
	SOMAS	1902	123	217	254	285	245	253	123
	PRÉDIOS EXISTENTES	1902	2025	2242	2496	2781	3026	3279	3402
	PORCENTO DE AUMENTO	—	6.45	10.71	11.32	11.42	8.81	8.36	7.51

AUMENTO MÉDIO 9.23%