

6. TEORIAS E MODELOS DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

Manuel Mira Godinho
EIC, MEGC&TI

Sumário:

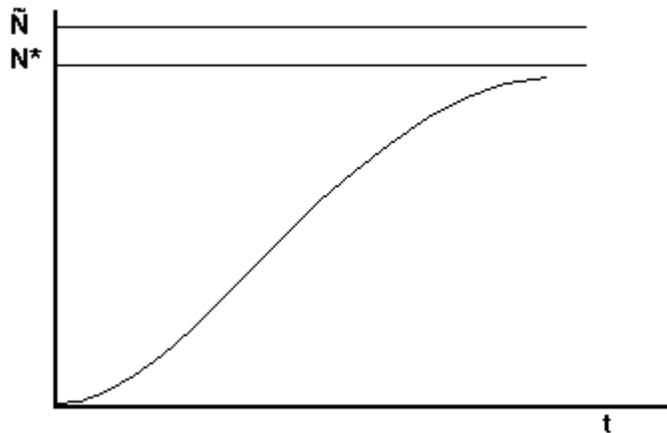
6.1. Teoria epidémica, difusão logística
(E.Mansfield)

6.2. Modelo probit cronológico e seccional
(David, Davies)

6.3. Perspectiva Evolucionista
(Siverberg, Dosi e Orsenigo)

Notação

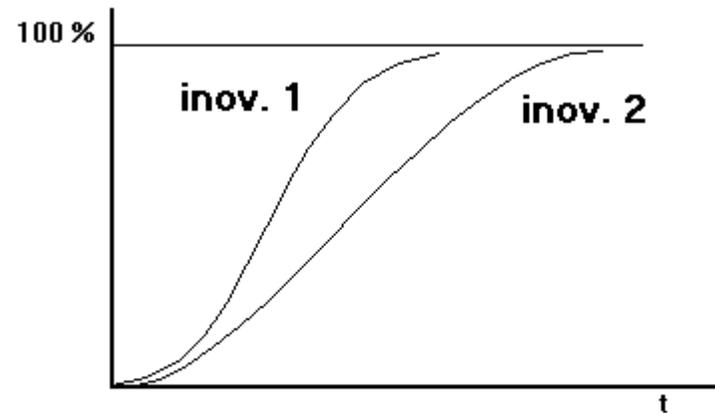
\tilde{N}	População total no sector / região
N^*	Número de potenciais adoptantes
N_t (ou D_t)	Nº cumulativo de adoptantes no momento t
$N_t \leq N^* \leq \tilde{N}$	
$n_t = N_t / N^*$	Proporção cumulativa de empresas que passaram a dispor da tecnologia em t



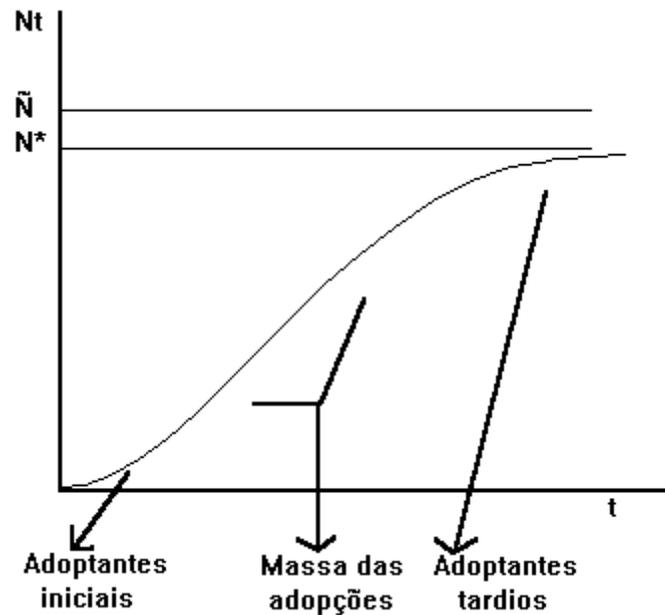
6.0. QUESTÕES TÍPICAS PARA AS QUAIS A ANÁLISE DA DIFUSÃO PROCURA UMA RESPOSTA

i) a iv)

i) Porque a difusão leva períodos +/- longos?



ii) Porque é que uns agentes adoptam antes e outros depois?



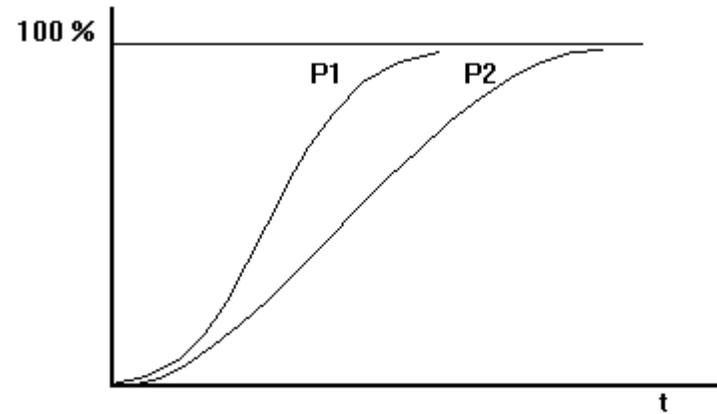
"Razões objectivas":

- Estrutura do *stock* de capital
- Recursos ao dispor da empresa

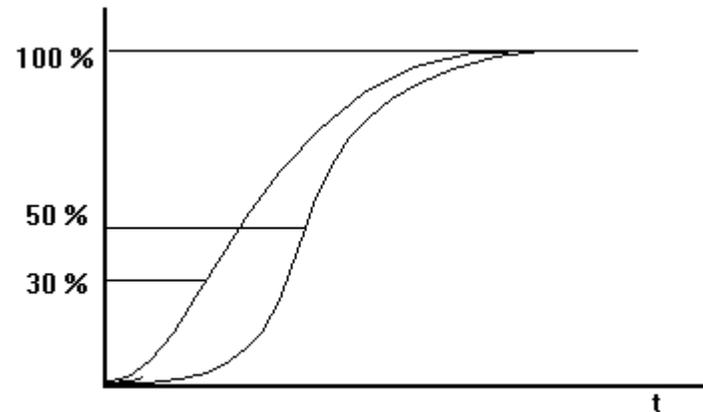
"Razões subjectivas"

- Objectivos (liderança, actualização, sobrevivência...)
- Desinformação / Desconhecimento
- Atitudes / Comportamentos dos agentes

iii) Porque é que mesma inovação demora mais tempo a difundir-se num país (ou região, ou indústria) do que noutra(a) país (região, indústria)?



iv) Porque é que as curvas de difusão têm configurações distintas?



6.1. Teoria Epidémica

Edwin Mansfield (1961, 63, 68)

Ideia central

Analogia com epidemiologia:

Difusão \equiv Epidemia

- INFORMAÇÃO \equiv DOENÇA

É disseminação da informação que leva empresas a saber da inovação e suas vantagens em adoptá-la

- EM t_0 NÃO EXISTE INFORMAÇÃO SOBRE INOVAÇÃO**
- INFORMAÇÃO DISSEMINA-SE POR CONTÁGIO
(CONTACTO ENTRE ADOPTANTES E NÃO ADOPTANTES)**

Contudo

- "GRAU INFECCIOSO" VARIA DE INOVAÇÃO PARA INOVAÇÃO**
- EMPRESAS REAGEM A ESTE "GRAU INFECCIOSO" COM UM LAG**
- ESTE LAG DIFERE NA POPULAÇÃO DEVIDO A UMA DISTRIBUIÇÃO ASSIMÉTRICA DA INFORMAÇÃO**

$$w_t = (N_{t+1} - N_t) / (N^* - N_t) \quad (1)$$

$$w_t = f(\dots) \quad (2)$$

$$dN_t/dt = f(\dots) (N^* - N_t) \quad (3)$$

$$f(\dots) = \beta (N_t/N^*) \quad (4)$$

$$dN_t/dt = \beta (N_t/N^*) (N^* - N_t) \quad (5)$$

Com (5) tem-se uma teoria !

$$dN_t/dt = \beta (N_t/N^*) (N^* - N_t) \quad (5)$$

Elementos em (5):

Ritmo a que se processa difusão (dN_t / dt)

depende da probabilidade de indivíduos contaminados (N_t / N^*)

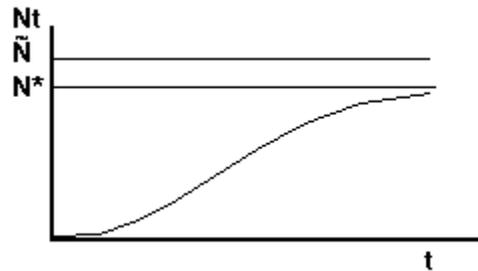
entrarem em contacto com indivíduos ainda não contaminados ($N^* - N_t$),

sendo que risco de contágio está associado com grau de infecciosidade da doença (β),

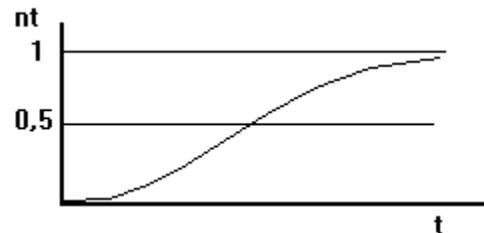
(também designado por "coeficiente de difusão" ou "velocidade de difusão")

SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DIFERENCIAL (5)

Em termos de frequências absolutas: $N_t = N^* / [1 + \exp(-\alpha - \beta t)]$ (6')



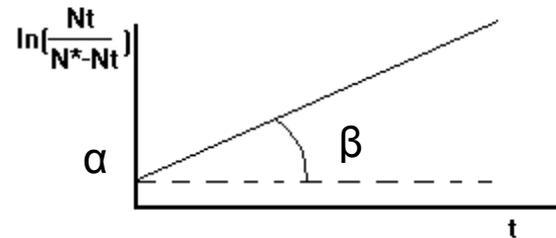
Em termos de frequências relativas: $n_t = 1 / [1 + \exp(-\alpha - \beta t)]$ (6'')



Transformação linear da equação logística [linearização de (6)]

$$\ln \left[\frac{N_t}{N^* - N_t} \right] = \alpha + \beta t \quad (7)$$

com $\alpha = N_0 / (N^* - N_0)$



$$\ln \left[\frac{N_t}{N^* - N_t} \right] = \alpha + \beta t \quad (7)$$

corresponde a **perspectiva cronológica** da análise da difusão

Análise seccional na "teoria epidémica":

β 's de

- diferentes empresas
- indústrias
- inovações
- regiões

usados para correlacionar com variáveis explicativas do "grau infeccioso" da "doença"

Resultados

- lucro potencial (+)
- dimensão do investimento a realizar (-)

6.2. Modelo Probit

#₁ Ideia central: limiar mínimo, que muda ao longo do tempo

#₂ Condição de adopção: formulação probabilística

#₃ Existência de distribuição lognormal da dimensão das empresas é que permite estabelecer #₂

**POPULAÇÃO HETEROGÉNEA
quanto a uma característica (dimensão)**

mas

**PRESSUPOSTOS DE ACTUAÇÃO RELATIVAMENTE CONVENCIONAIS
(racionalidade conducente a maximização de lucro)**

6.2.1. Probit Cronológico

É possível demonstrar que adopção diferenciada ao longo do tempo está relacionada com o facto de existir uma determinada característica (neste caso "dimensão") distribuída assimetricamente através da população

Assim, em $t = 0$ só algumas empresas (as maiores) é que estariam acima do limiar crítico de adopção

À medida que tempo passa, esse limiar altera-se, por várias razões

1º) variação de preços relativos

2º) melhoria das características técnicas da inovação

3º) com banalização, diminuição do prémio de risco associado a tecnologia ainda pouco experimentada

Cada empresa do universo N^* de potenciais adoptantes tem em cada momento t uma determinada probabilidade de adoção da inovação de processo em estudo

Essa probabilidade é dada pelo lugar que a empresa ocupa na distribuição (lognormal) da dimensão das empresas no universo em consideração

**Probabilidade de adoção
das empresas maiores**

>

**Probabilidade de adoção
das empresas menores**



Considerando as hipóteses convenientes é possível passar-se da lognormal para a normal e vice-versa

Esta correspondência permite-nos considerar a relação entre a probabilidade de adopção das diferentes empresas e a difusão de dois tipos de inovações de tecnologia de processo:

INOVAÇÕES TIPO A → Inovações simples / baratas

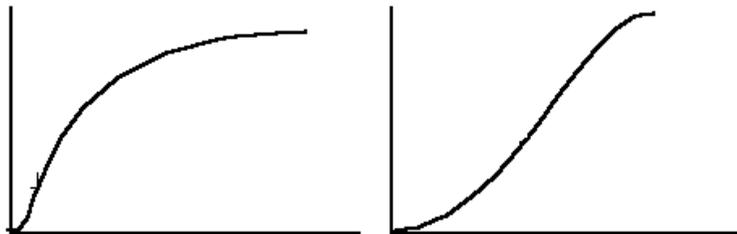
INOVAÇÕES TIPO B → Inovações complexas / caras

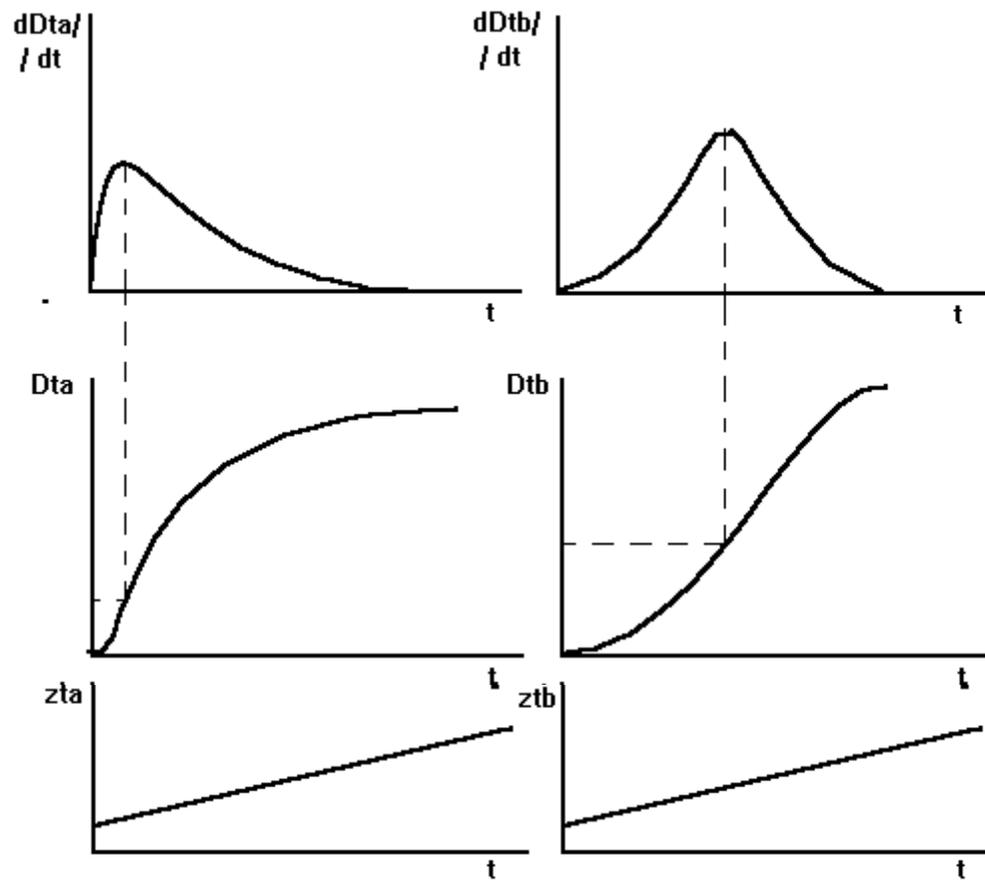


...das curvas de adoções “discretas”
 (dão o nº de novos adoptantes em cada momento t)...
 ... às curvas de difusão “cumulativas”
 (dão a totalidade de adoptantes em cada momento t)

Curva cumulativa
lognormal

Curva cumulativa
normal





**A linearização de D_t é conseguida através de z_t
em que z_t é o "desvio equivalente normal de D_t "
ou "PROBIT de D_t "**

z_t lido nas tabelas da distribuição normal

$$[D_t = N_t/\tilde{N} = .95 \Rightarrow z_t = 1,645]$$

$$z_{ta} = a_1 + b_1 \log t$$

$$z_{tb} = a_2 + b_2 t$$

z_t não homoscedástico \Rightarrow E.M.V.

6.2.2. DERIVAÇÃO DO MODELO PROBIT SECCIONAL

Probabilidade de empresa i adotar (ou não) uma tecnologia relacionada com dimensão S_i

Contudo, para ajustar modelo, informação que se dispõe não varia entre 0 e 1, mas tem apenas valor 0 (não adoptou) ou 1 (já adoptou)

Necessidade de construir intervalos de dimensão para ver proporção de adoptantes em cada intervalo

Essa proporção corresponde à probabilidade de uma empresa no intervalo k já ter adoptado

Mais uma vez, baseados na pesquisa do valor correspondente a essa proporção / probabilidade teórica na tabela da distribuição normal, obtem-se um valor probit (z_k) para a variável dependente

$$z_k = a + b \log S_k$$

Comparação Modelo Epidémico vs. Modelo Probit

M.E.: DIFUSÃO AVANÇA DE ACORDO COM DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO " POR CONTÁGIO" (COMO QUE ALEATORIAMENTE)

M.P.: DIFUSÃO AVANÇA DE ACORDO COM DISTRIBUIÇÃO DE DADA CARACTERÍSTICA PRESENTE NA POPULAÇÃO (DIMENSÃO)

[movimento conjunto de:

- preços relativos
- melhoria características da inovação e
- relaxamento do prémio de risco

alteram limiar mínimo de adopção]

1ª perspectiva: "cognitivista"

2ª perspectiva: "estruturalista"

méritos, limitações e complementaridade

6.3. MODELO EVOLUCIONISTA de Silverberg-Dosi-Orsenigo (1988)

1. Quota de Mercado (estrutura de mercado)

$$Q_i = F(\text{competitividade}_i)$$

2. Competitividade $_i = f$ (política de preços $_i$, rapidez resposta $_i$)

3. Investimento

Expansão do stock de K de acordo com regras de investimento estratégico, mas em condições de incerteza.

Decisões baseiam-se em critério simples: *Pay-back*

4. Factor Trabalho / L

L é único custo operacional, mas altera-se com:

- introdução novos equipamentos;**
- abate equipamentos usados**

5. Nível de produção

**Fixado de acordo com procura actual/esperada,
tomando em consideração experiência + informação disponível**

6. Política de preços

**Possibilidade de preços serem fixados de acordo
com regras de monopólio, concorrência perfeita ou situação intermédia**

5. e 6. relacionados com 2.

**Difusão em S-D-O identifica-se com mudança
de trajectória "antiga" T1 para trajectória "nova" T2**

7. Potencial de Aprendizagem Tecnológica (s_i)

T1: saturado: $s_{i(T1)} = 100\%$

T2: no início da difusão $s_{i(T2)} < s^*_{i(T2)} = 100\%$

8. Comportamento Estratégico

Quando T2 surge ($t = 0$), empresas antecipam seu potencial

Dado $s_{i(T2)} < 100\%$ com valor exacto desconhecido
(informação imperfeita),

empresas antecipam potencial de T2,
que atingirá os 100% em consequência de aprendizagem (learning-by-using)

Dada incerteza quanto a T2, cada empresa tem estimativas próprias (diversidade)

Riscos:

- adoção demasiado cedo (pioneiros);
- adoção demasiado tarde

Mecanismo de decisão / bloco 8 $\Rightarrow \Rightarrow$

8. Mecanismo de Decisão : Empresa decide investir em T2 se poupança-extra proporcionada por T2 vier superior à despesa-extra correspondente a esse investimento:

$$COT_1 - COT_2 \geq I_2 - I_1,$$

ou: $(I_2 - I_1) / (COT_1 - COT_2) \leq 1 \quad (8.1)$

Fazendo (8.1) apenas para um dado t, vem

$$(CF_2 - CF_1) / (CV_1 - CV_2) \leq 1 \quad (8.2)$$

Com $CF = d_i I$, e d_i taxa depreciação

$$[d_i (I_2 - I_1)] / (CV_1 - CV_2) \leq 1 \quad (8.3)$$

$$(I_2 - I_1) / (CV_1 - CV_2) \leq b_i \quad (8.4)$$

onde b_i é período de pay-back máximo aceite por i

Dividindo os termos da esquerda por q, vem

$$\begin{aligned} & [(I_2 - I_1) / q] / [(CV_1 - CV_2) / q] = \\ & = \boxed{(P_2 - P_1) / (c_1 - c_2) \leq b_i} \quad (8.5) \end{aligned}$$

onde P - preço por unidade de capacidade

c - custo operacional por unidade produzida

Contudo, no momento $t = 0$, c_2 está sobre-avaliado.

Diminuirá para c_2^* , à medida que $s_{i(T2)}$ se aproxima de $s_{i(T2)}^* = 100\%$

c_2 diminui em relação com “comportamento estratégico”:

Quando T2 surge ($t = 0$), empresas antecipam seu potencial

Dado $s_{i(T2)} < 100\%$, com valor exacto desconhecido

**cada empresa é obrigada a antecipar o possível potencial de T2,
e a adoptar estratégias consonantes de desenvolvimento tecnológico
que lhe permitam atingir o pretendido $s_{i(T2)}^*$**

**Visto c_2 estar sobre-avaliado em $t=0$,
ele diminuirá tendencialmente até atingir um c_2^* médio:**

$$c_2^* = c_2 / X_i$$

**X_i é um coeficiente de antecipação
que i selecciona de acordo com seu julgamento do potencial de
aprendizagem e desenvolvimento de T2**

Assim, reescreve-se (8.5) como:

$$(P_2 - P_1) / [c_1 - (c_2 / X_i)] \leq b_i \quad (8.6)$$

$$(P_2 - P_1) / [c_1 - (c_2 / X_i)] \leq b_i \quad (8.6)$$

(8.6) Revela riscos associados a expectativas tecnológicas incorrectas

- (a) sobre-estimação do potencial de T2**
- (b) sub-estimação do potencial de T2**

Consequências de expectativas incorrectas

- (a) pioneira mal sucedida**
- (b) adopção tardia**

Efeitos a nível de mercado / Estrutura industrial:

- . Se (a) ou (b), perda de quota de mercado**
- . Se empresa antecipa correctamente,
será beneficiada por acumular conhecimento tecnológico
que se revela estratégico *a posteriori*.**

Curvas de Difusão da Inovação produzidas com o Modelo de Simulação Evolucionista

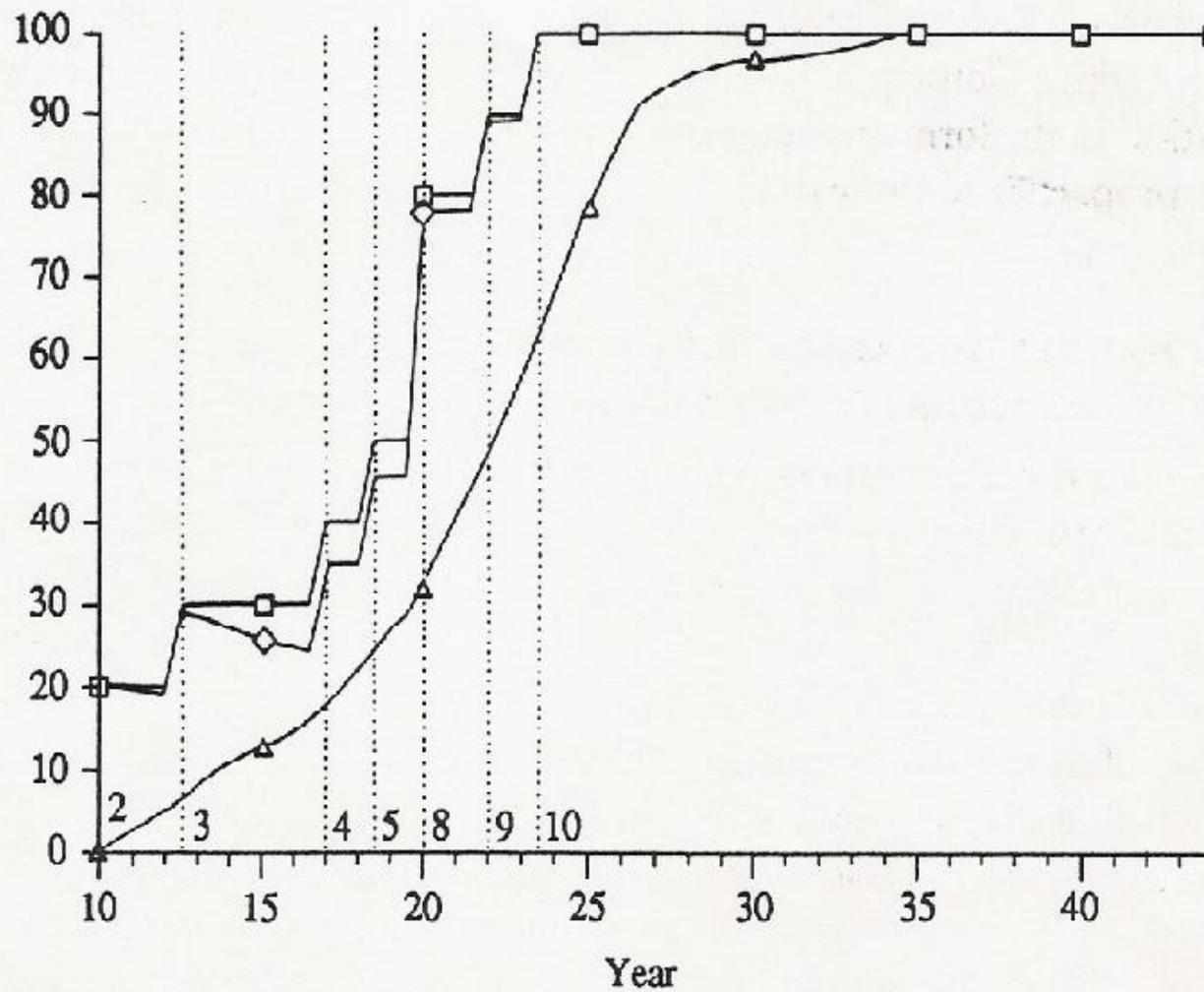
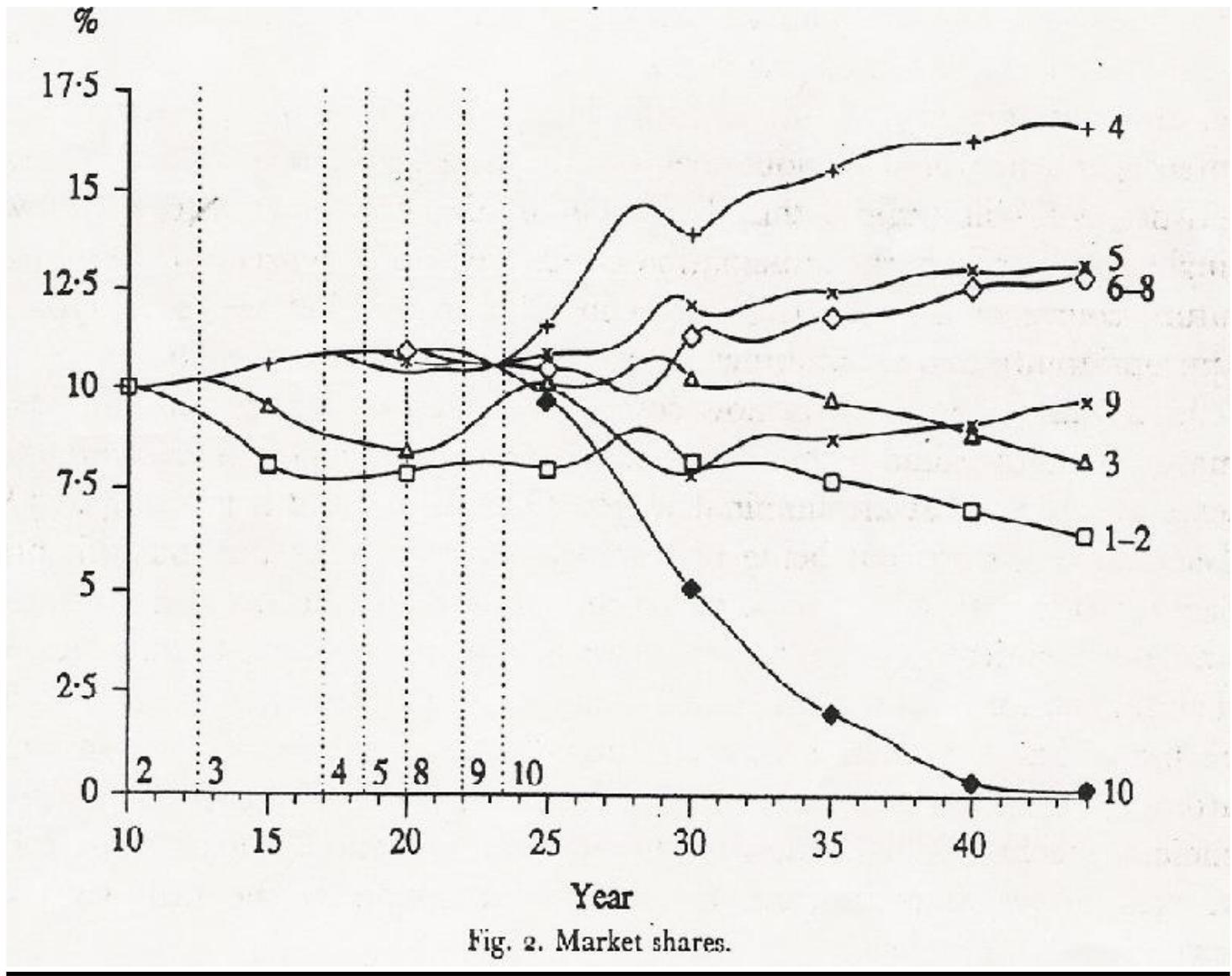


Fig. 1. Diffusion curves. □, Percentage of firms; △, percentage capacity; ◇, market share of adopters.



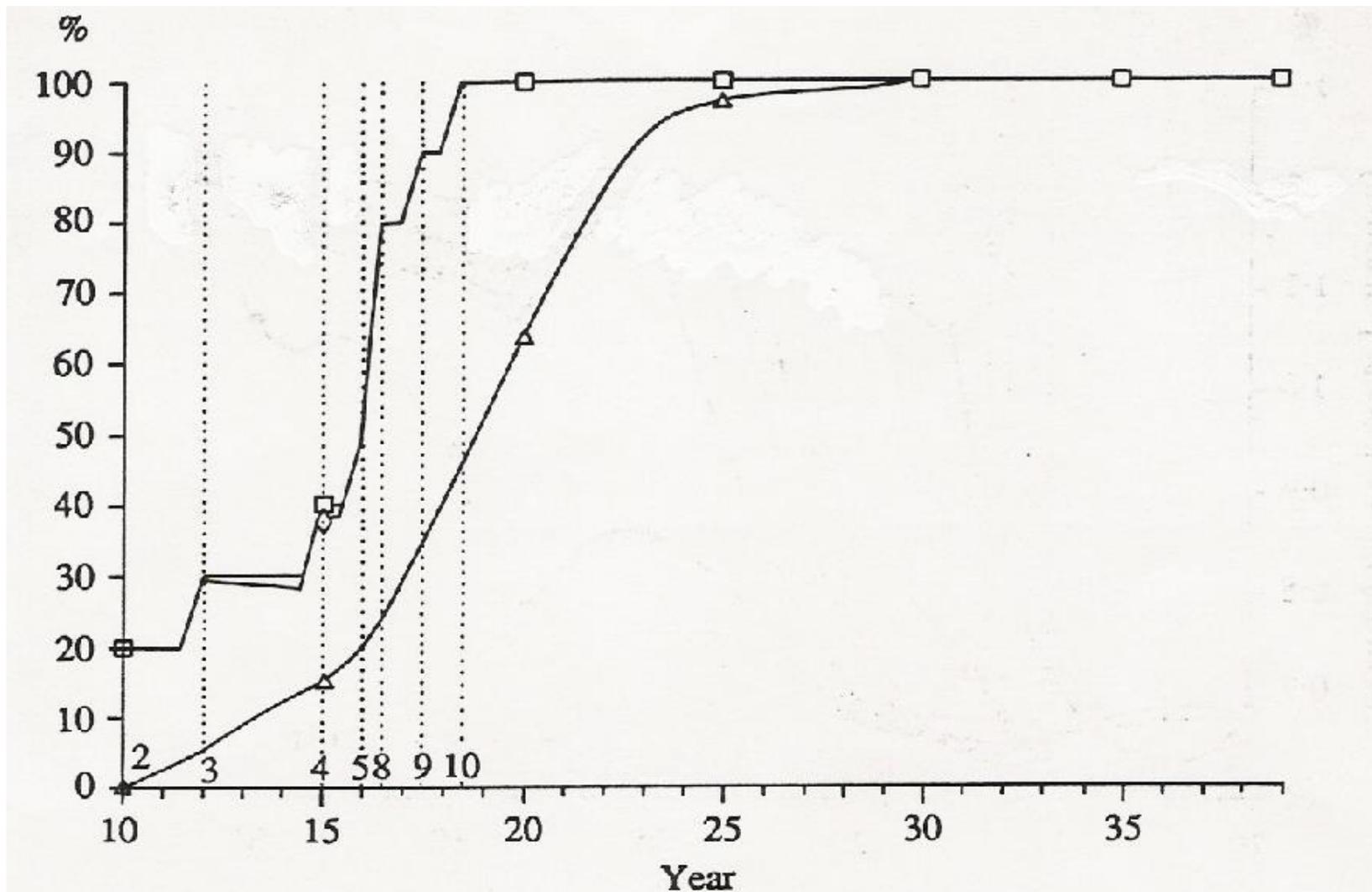


Fig. 5. Diffusion curves: \square , Percentage of firms; \triangle , capacity; \diamond , market share of adopters.

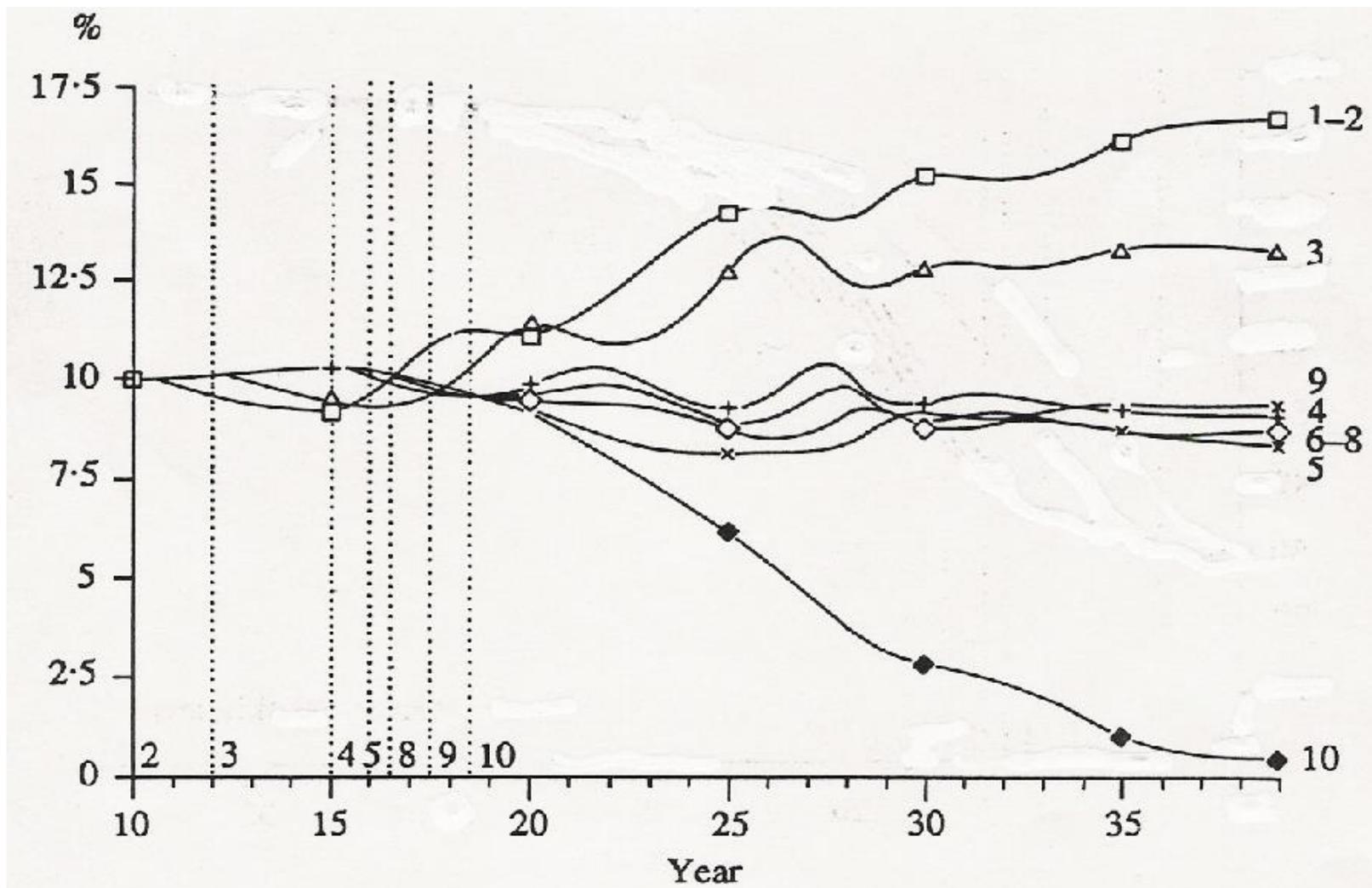


Fig. 6. Market shares.

Pontos a Reter em S-D-O

Evolução da tecnologia

Aprendizagem

Apropriabilidade / Externalidades

Comportamento estratégico / Riscos

Distribuição assimétrica

- . de conhecimentos

- . de propensão a inovar

Seleção / "drama microeconómico"

Auto-organização

Estrutura de mercado determinada endogenamente

Inovação-liderança vs. Imitação