

# **6. TEORIAS E MODELOS DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO**

**Manuel Mira Godinho  
EIC, MEGC&TI**

## Sumário:

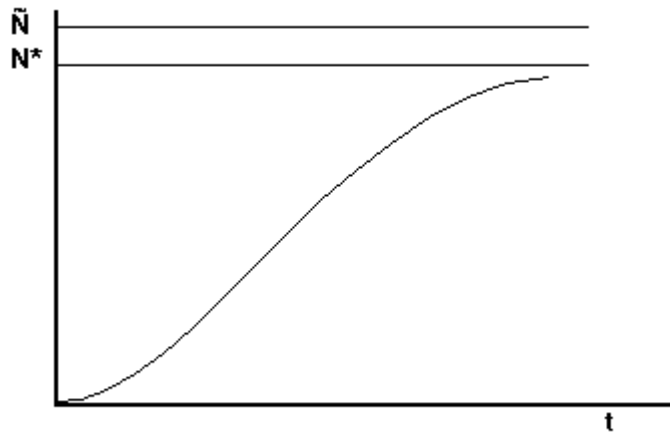
6.1. Teoria epidémica, difusão logística  
(E.Mansfield)

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

6.3. Perspectiva Evolucionista  
(Siverberg, Dosi e Orsenigo)

## Notação

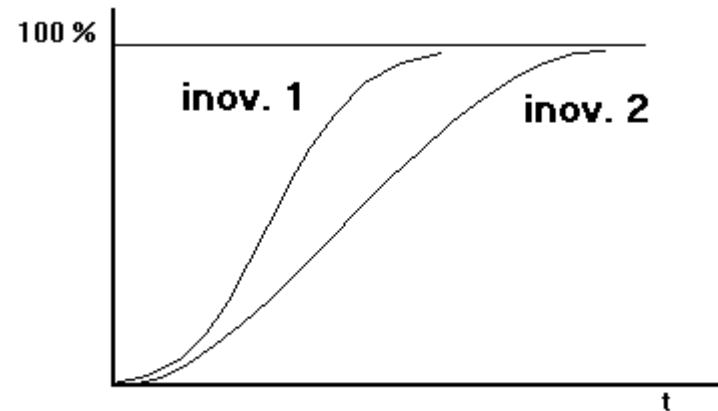
$\tilde{N}$	População total no sector / região
$N^*$	Número de potenciais adoptantes
$N_t$ (ou $D_t$ )	Nº cumulativo de adoptantes no momento $t$
$N_t \leq N^* \leq \tilde{N}$	
$n_t = N_t / N^*$	Proporção cumulativa de empresas que passaram a dispor da tecnologia em $t$



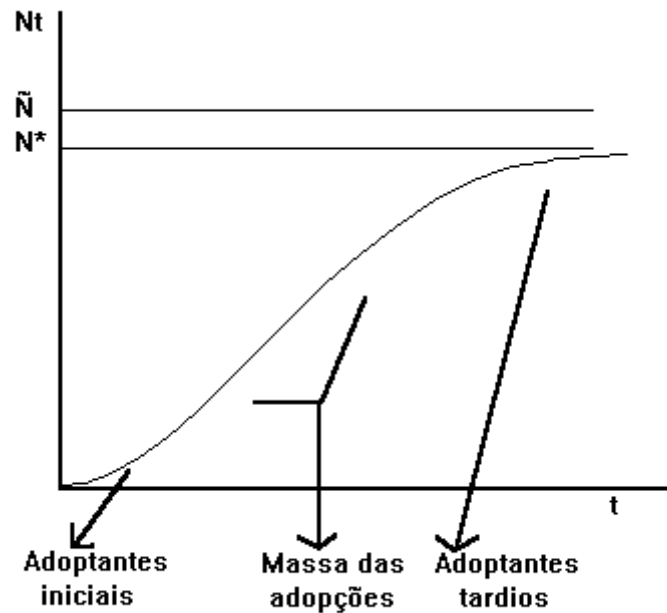
## 6.0. QUESTÕES TÍPICAS PARA AS QUAIS A ANÁLISE DA DIFUSÃO PROCURA UMA RESPOSTA

i) a iv)

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



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



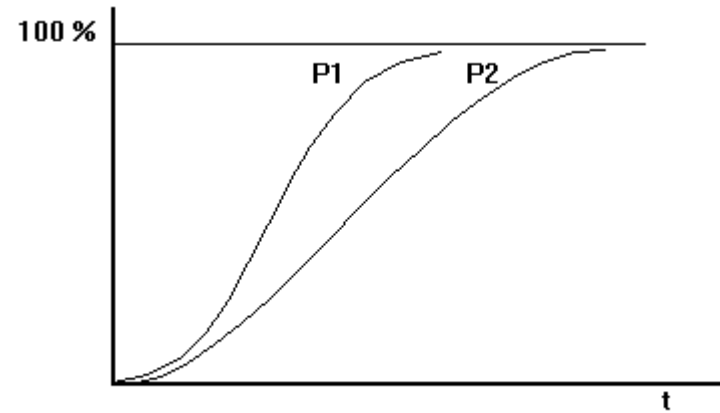
**"Razões objectivas":**

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

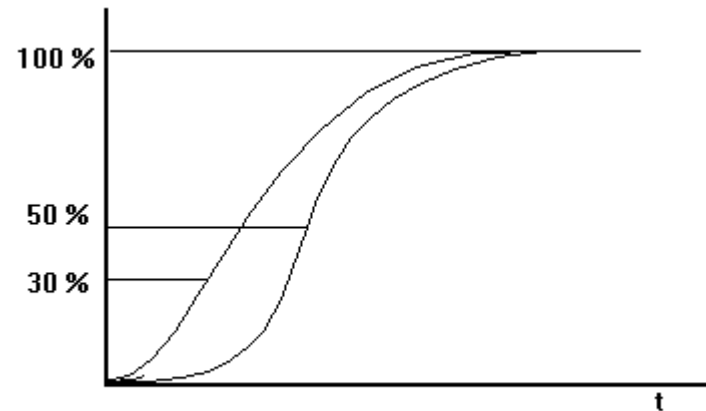
**"Razões subjectivas"**

- 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 (  $N_t / N^*$  )**

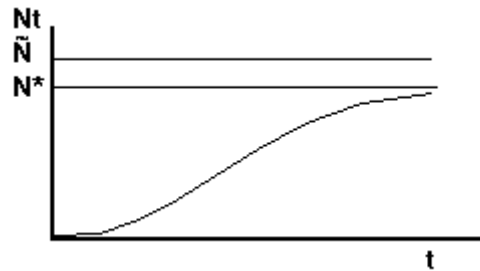
**entrarem em contacto com indivíduos ainda não contaminados (  $N^* - N_t$  ),**

**sendo que risco de contágio está associado com grau de infecciosidade da doença (  $\beta$  ),**

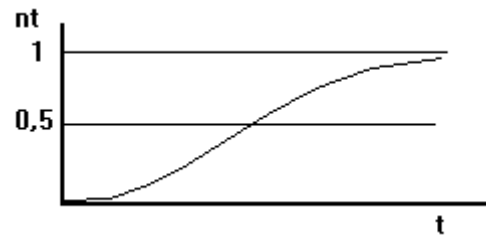
**(também designado por "coeficiente de difusão" ou "velocidade de difusão")**

## SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DIFERENCIAL (5)

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



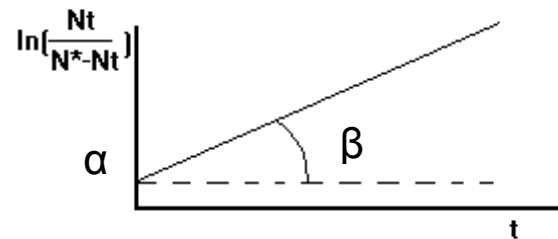
Em termos de frequências relativas:  $n_t = 1 / [1 + \exp(-\alpha - \beta t)]$  (6'')



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":**

$\beta$ '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

**#<sub>1</sub> Ideia central: limiar mínimo, que muda ao longo do tempo**

**#<sub>2</sub> Condição de adopção: formulação probabilística**

**#<sub>3</sub> Existência de distribuição lognormal da dimensão das empresas é que permite estabelecer #<sub>2</sub>**

**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

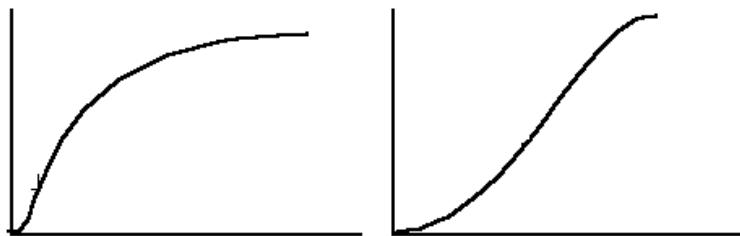
INOVAÇÕES TIPO B → Inovações complexas / caras

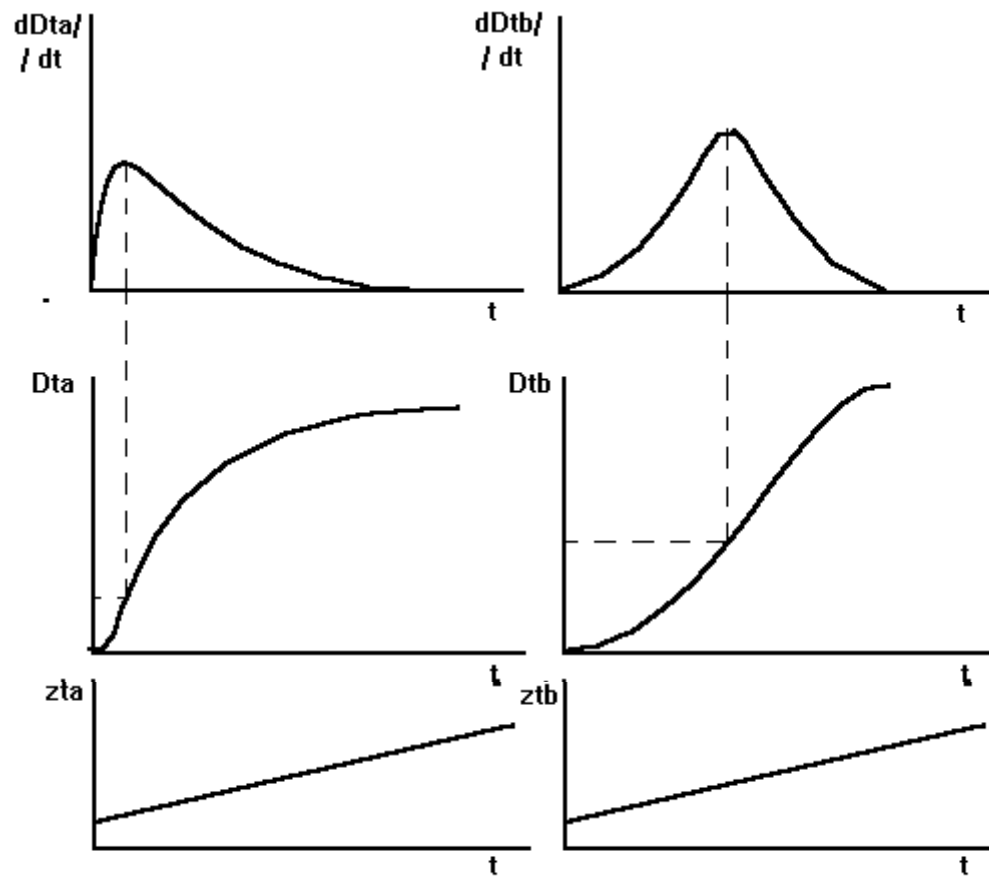


...das curvas de adoções “discretas”  
 (dão o nº de novos adoptantes em cada momento t)...  
 ... às curvas de difusão “cumulativas”  
 (dão a totalidade de adoptantes em cada momento t)

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

---

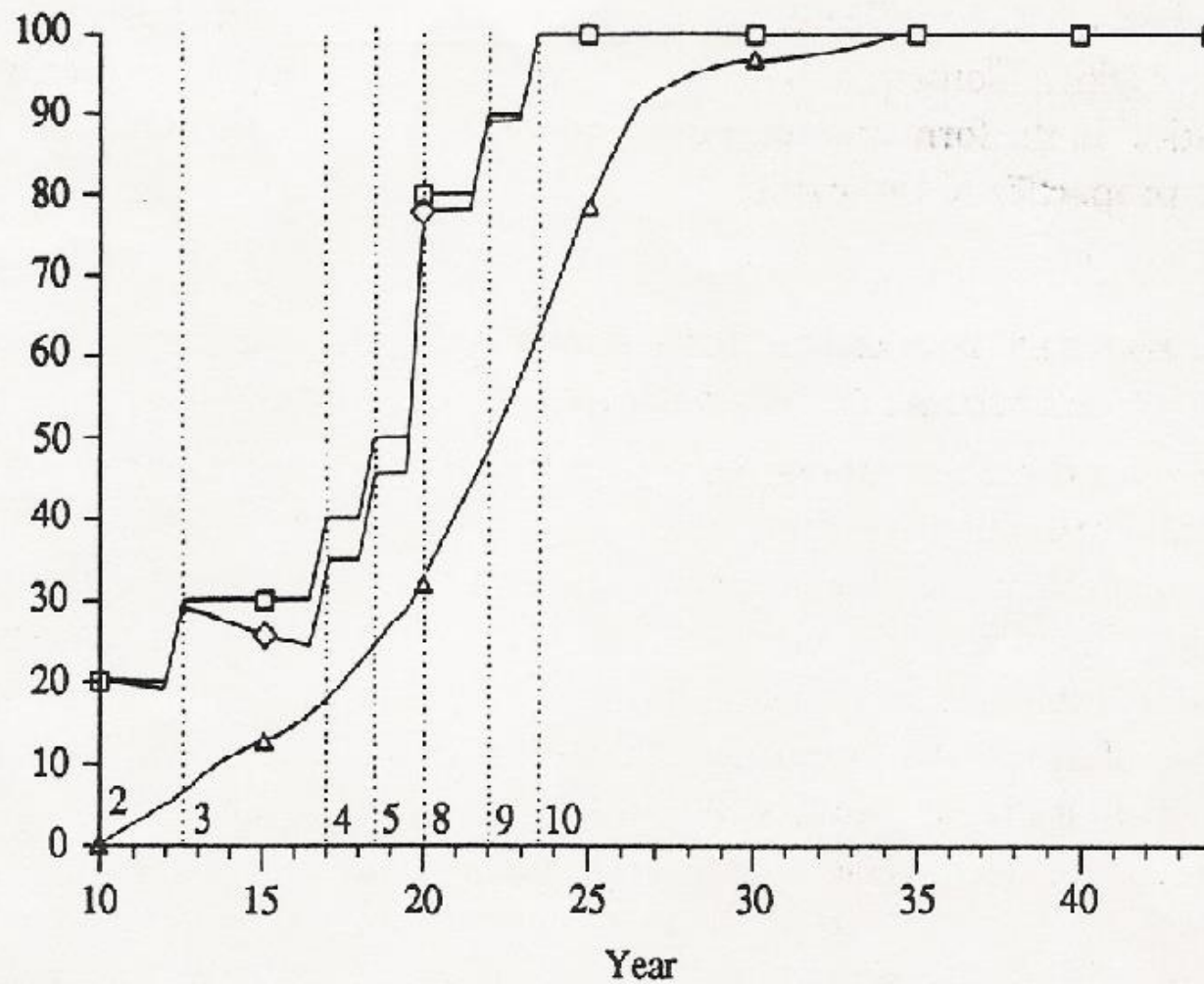
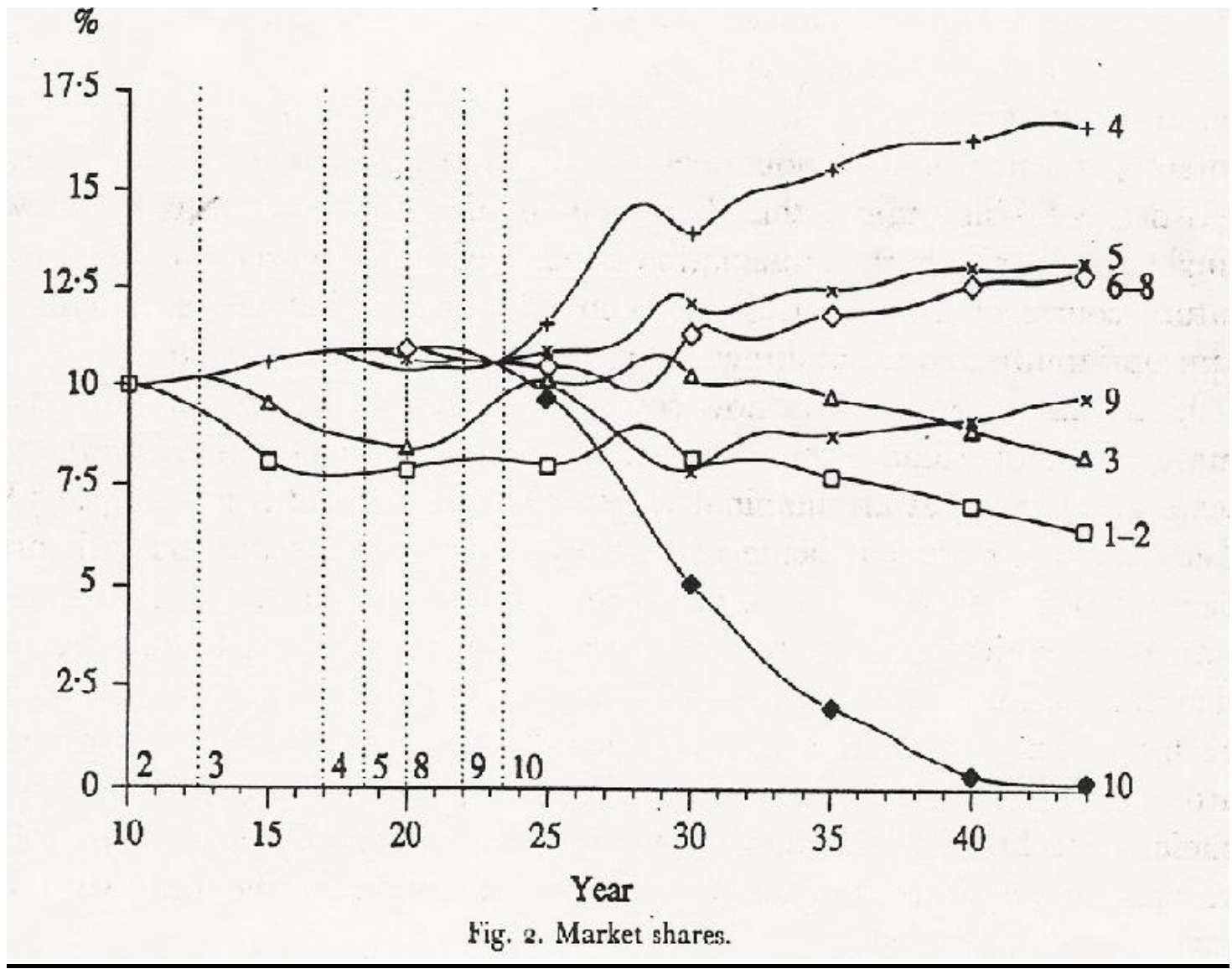


Fig. 1. Diffusion curves. □, Percentage of firms; △, percentage capacity; ◇, market share of adopters.





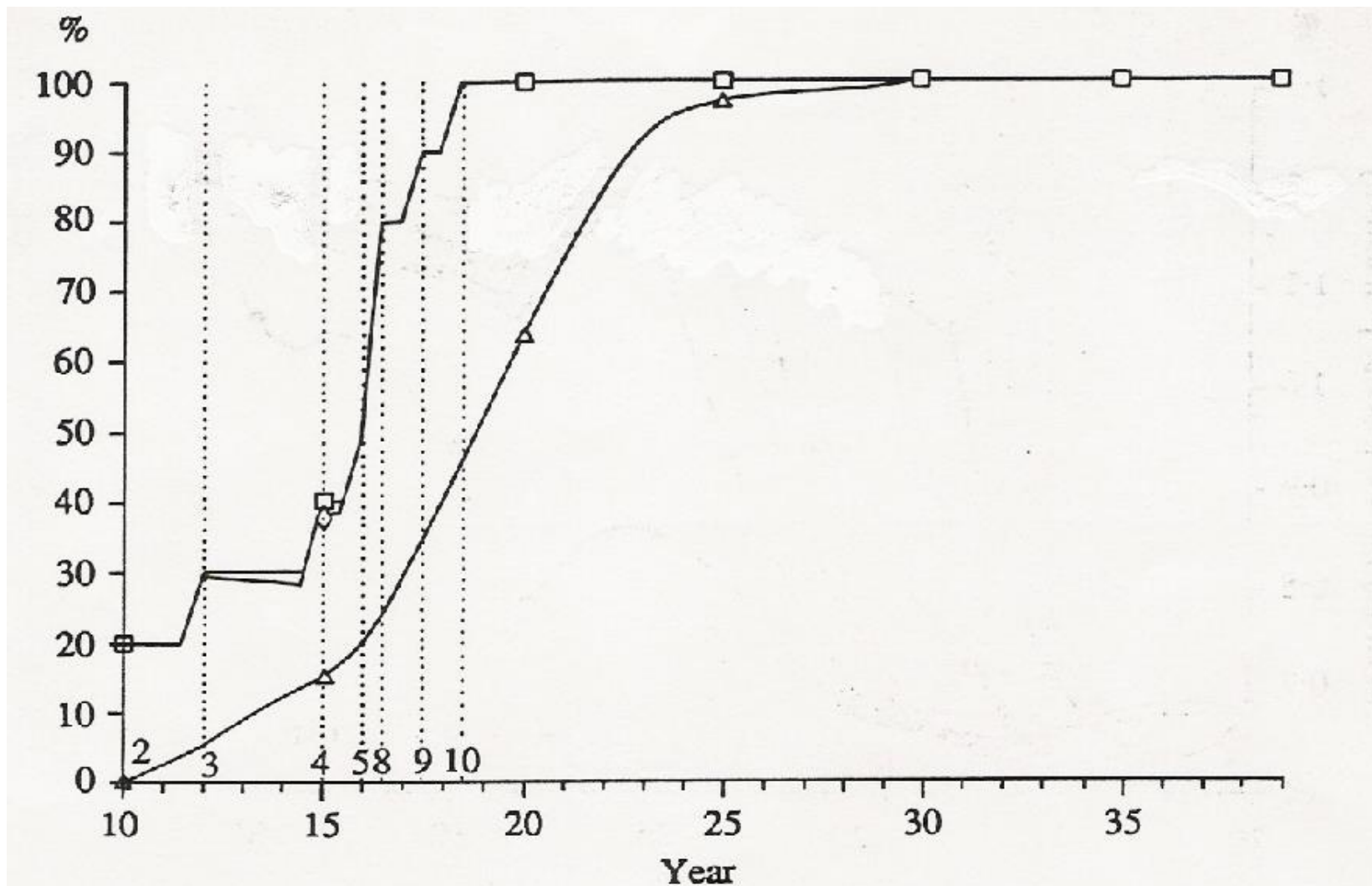


Fig. 5. Diffusion curves:  $\square$ , Percentage of firms;  $\triangle$ , capacity;  $\diamond$ , market share of adopters.

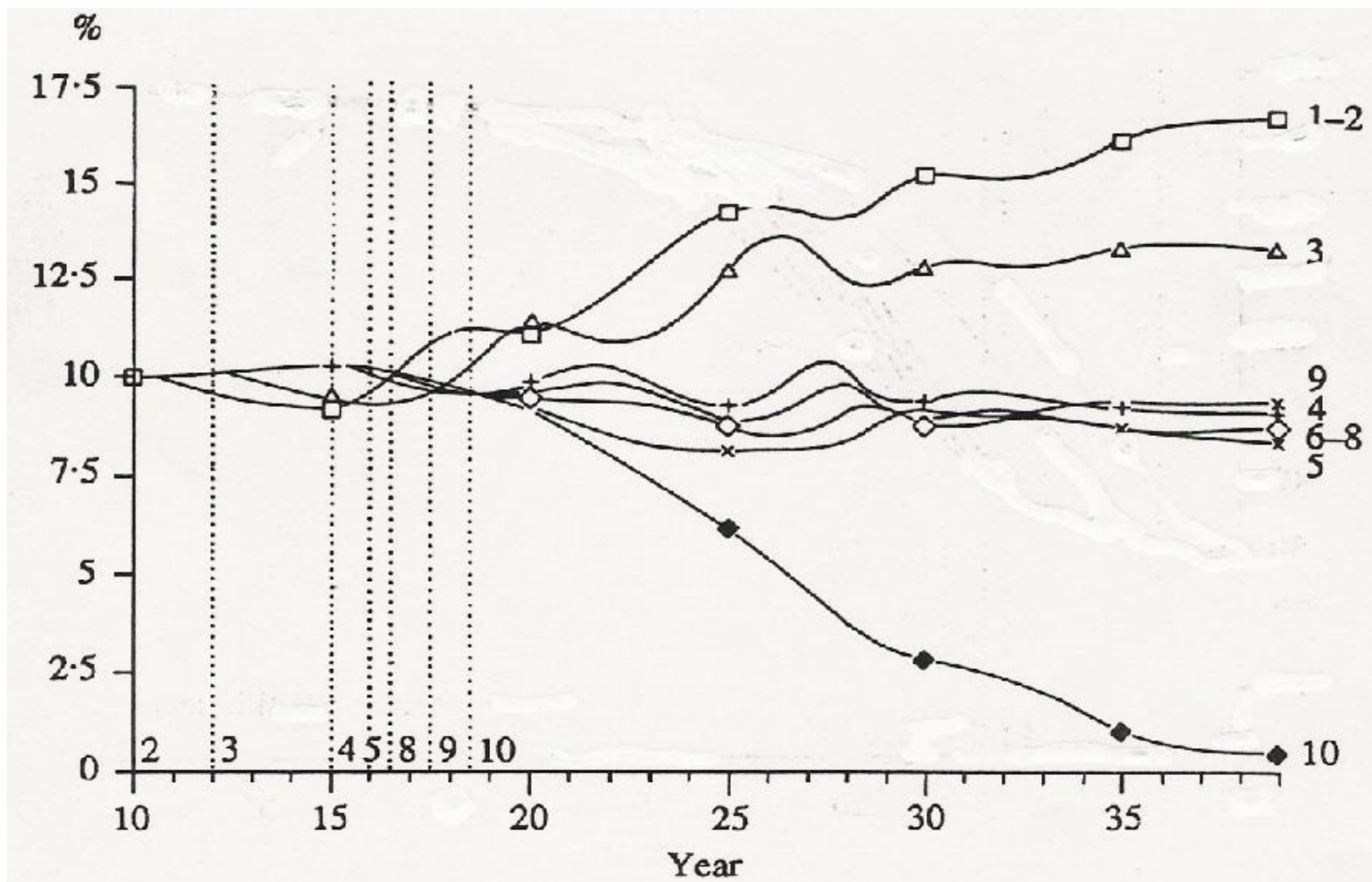


Fig. 6. Market shares.

## **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**