

DIFUSÃO DA INOVAÇÃO E SUAS DETERMINANTES: APLICAÇÕES À AGRICULTURA PORTUGUESA

Armindo Marcelino

I — Introdução (1)

O presente artigo tem por objectivo responder às seguintes questões. Por que é que algumas empresas agrícolas introduzem novos produtos e ou novos processos técnicos de produção mais rapidamente do que outras? Será necessário esperar muitos anos para que uma percentagem significativa de empresas adopte a inovação? Qual a trajectória de difusão seguida por diferentes tipos de inovações? Por que é que o padrão de difusão de cada tipo de inovação se aproxima de uma função de distribuição específica? Será que as vantagens económicas resultantes da aceitação da nova tecnologia e a influência que os utilizadores desta exercem nos não adoptantes terão contribuído para que a possibilidade de inovar aumentasse de ano para ano?

Antes de responder às questões formuladas apresentam-se alguns estudos que sobressaem na teoria da difusão da inovação, dando particular relevo ao modelo de difusão de Davies (1979), que, na segunda parte do artigo, é aplicado a inovações introduzidas na agricultura portuguesa nas décadas de 50 e 60. É no âmbito do teste empírico aos modelos teóricos que as questões levantadas serão examinadas em pormenor. O estudo empírico comporta três inovações diferentes. Duas de natureza biológica e química e uma de natureza mecânica. As tecnologias biológicas e químicas são os herbicidas empregues na monda química do arroz e na cava química da vinha, a tecnologia mecânica analisada é a ceifeira-debulhadora.

O plano do artigo é como se segue: a secção II sintetiza vários modelos de difusão (Ryan e Gross, Griliches, Mansfield e Davies), com especial destaque para o modelo seccional e cronológico de Davies; a secção III apresenta o estudo da difusão dos herbicidas e das ceifeiras-debulhadoras em Portugal continental; a primeira parte desta secção incide no estudo seccional da difusão destas inovações e a segunda tem por base o seu estudo ao longo do tempo; a secção IV sumaria as principais conclusões. Em apêndice estão os tempos padrão de trabalho e as fontes estatísticas não apresentadas no texto. A bibliografia citada encontra-se no final do artigo.

(1) Este artigo faz parte de um trabalho mais amplo de explicação das diferentes taxas de crescimento do produto e da produtividade do trabalho na agricultura e na indústria transformadora portuguesa no período de 1950-1980, realizado no Institute of Social Studies, na Haia, sob a orientação dos Profs. Charles Cooper e Ruud Teekens.

II — Modelos de difusão

Ryan e Gross (1943) realizaram um trabalho pioneiro sobre a difusão da inovação no sector agrícola. Estes autores estudaram a difusão de semente de milho híbrido (percentagem de agricultores que adoptaram a nova semente) no estado de Iowa e salientaram:

- i) O papel dos vizinhos e dos vendedores como principal fonte de informação dos agricultores. Foi fundamentalmente através dos vendedores que os agricultores ouviram falar pela primeira vez da semente de milho híbrido, mas foram os vizinhos que mais influenciaram a sua decisão de usar as novas sementes;
- ii) Que a possibilidade dos não utilizadores do híbrido aceitarem a nova semente seria tanto maior quanto mais agricultores, seus competidores, já a tivessem aceite. Nas palavras de Ryan e Gross (1943, p. 23); «There is no doubt but that the behavior of one individual in an interacting population affects the behavior of his fellows. Thus the demonstrated success of hybrid seed on a few farms offers a changed situation to those who have not been so experimental. The very fact of acceptance by one or more farmers offers new stimulus to the remaining ones.»;
- iii) Que apesar do sucesso demonstrado pela experiência dos inovadores com o uso dos híbridos, a maioria dos agricultores, antes de decidirem utilizar a 100 % as novas sementes, optaram por experimentá-las em pequenas áreas. A divisibilidade da inovação facilitou a experimentação;
- iv) Que o padrão de difusão e a adopção de semente de milho híbrido naquelas duas comunidades se aproximava de uma função logística.

Depois do trabalho de Ryan e Gross (2) o estudo sobre difusão da inovação mais marcante deve ter sido o de Griliches (1957, 1960 a). Este autor ajustou uma função logística à difusão de semente de milho híbrido (percentagem da área semeada com a nova semente) em cada um de 31 estados dos Estados Unidos. A função logística usada tem a seguinte forma:

$$P_t = \frac{K}{1 + e^{-(b+ct)}} \quad (1)$$

onde P_t é a percentagem acumulada de área semeada com semente de milho híbrido no período t , K é o parâmetro de saturação (ou o tecto da curva), b é

(2) Estes dois autores publicaram posteriormente, em conjunto ou individualmente, outros trabalhos. O leitor interessado pode ver a bibliografia sobre difusão da inovação publicada no apêndice B do livro de Rogers e Schoemaker (1971, pp. 387-460). Nesta bibliografia estão incluídos cerca de 1200 estudos empíricos e 300 de natureza mais teórica.

a constante de integração, t é a variável tempo e a c Griliches chamou a taxa de aceitação da inovação. Depois de escolher K , por inspeção visual, para cada um dos estados, o autor estimou os outros dois parâmetros da função logística através da transformação linear:

$$\ln \left[\frac{P_t}{(K - P_t)} \right] = b + ct \quad (2)$$

Esta transformação permitiu a Griliches estimar os parâmetros b e c , em cada um dos 31 estados, pelo método dos mínimos quadrados.

A preocupação seguinte do autor foi explicar por que é que a taxa de aceitação da inovação, c , variava de estado para estado. Segundo Griliches (1957, p. 516), «differences in the rate of acceptance of hybrid corn, the differences in [c], are due at least in part to differences in the profitability of the changeover from open pollinated to hybrid seed». E para ele, o aumento do ganho esperado resultante da substituição das velhas sementes por sementes de milho híbrido dependia da produção média dos híbridos por acre e da área média de milho por exploração agrícola, em cada um dos estados. A variável utilizada por Griliches para aproximar a superioridade da produção dos híbridos por acre foi a produção média por acre antes de introduzir os híbridos ⁽³⁾. E o autor concluiu que «a large fraction of the variability between areas in the rate of acceptance of hybrid corn by farmers can be explained with the helps of these two 'profitability' variables (pre-hybrid average yield and average corn acres per farm)» (1960 a, p. 223).

O modelo que acabamos de apresentar é um modelo seccional em que o autor não pretende explicar a variação anual da taxa de aceitação da inovação. Griliches (1957, p. 503) começou logo por afirmar «that nothing could be gained by trying to explain each observation separately». Foi esta suposição que lhe permitiu utilizar a função logística para estimar, em cada um dos 31 estados, uma taxa de aceitação da inovação constante ao longo do tempo. Mas a constância de c tem implícita duas outras hipóteses muito restritivas. As variáveis indicadoras de rentabilidade não podem variar de ano para ano e tem de assumir o mesmo valor em todas as explorações agrícolas em cada um dos estados.

O estudo de Griliches sobre a difusão da semente de milho híbrido gerou intenso debate nas páginas da revista *Rural Sociology*. Pensamos que a principal razão desta polémica foi o autor ter concluído que, no longo prazo e quando o país é considerado como um todo, muitas das variáveis usadas pelos sociólogos, tais como diferenças na personalidade dos agricultores, educação, *status* económico e ambiente social, «either do not vary enough to be significant or tend to cancel themselves out leaving the economic variables as the major determinants of the patterns of technological changes» (1960 a, p. 226).

⁽³⁾ Esta variável foi usada na suposição de que «a variation in pre-hybrid yields, given a percentage increase, will also imply a variation in the absolute superiority of hybrids over open pollinated varieties» (1957, p. 516).

Entre os contestantes desta conclusão contam-se Havens e Rogers (1961, 1962) (4) (5). Estes dois autores, a partir de um estudo de Neal Gross sobre a difusão de semente de milho híbrido, argumentam que a proposição de Griliches (a rentabilidade explica a taxa de adopção da inovação) não é observada numa base anual e com o agricultor individual como unidade de análise (6). Para eles, a maior determinante da taxa de adopção da inovação é a influência, referida claramente no modelo de Ryan e Gross (1943), que os utilizadores da inovação exercem sobre os não utilizadores. A esta influência os autores chamam «efeito recíproco» e é medida por P_t que, neste caso, representa a percentagem acumulada de agricultores que aceitaram a inovação até ao período t (7).

Porém, a definição da taxa de adopção da inovação de Havens e Rogers não coincide com a taxa de aceitação de Griliches. A primeira é definida da seguinte forma:

$$R_a = \frac{P_t - P_{t-1}}{100 - P_{t-1}} \quad (3)$$

e a segunda, em termos discretos, é dada por (8):

$$c = \frac{P_t - P_{t-1}}{100 - P_{t-1}} \frac{1}{P_{t-1}} 100 = \frac{R_a}{P_{t-1}} 100 \quad (4)$$

Decorrente das definições de R_a e c é possível verificar que ambas as medidas de velocidade de difusão não são independentes de P_t , o efeito recíproco. Enquanto R_a tende a aumentar quando P_t cresce, o c tende a seguir um movimento inverso. Qual das duas medidas se aproxima mais da realidade? Será de esperar que quanto mais agricultores aceitarem uma inovação maior tenderá a ser a taxa de adopção da mesma. E isto porque a experiência acumulada e a informação recolhida pelos inovadores poderá ser uma fonte preciosa para outras vagas de aderentes (9). Quanto maior o número de

(4) V. também Braudner e Straus (1959), Babcock (1962) e Griliches (1960 b, 1962).

(5) Posição oposta teve Schultz (1964), que, no seu livro clássico sobre a transformação da agricultura tradicional, generaliza a conclusão de Griliches por forma a realçar o papel do mercado em qualquer tipo de agricultura.

(6) Griliches podia ter rejeitado esta crítica com base em que o seu modelo é seccional e não cronológico. No entanto, aceitou o repto. V. Griliches (1962).

(7) Rogers e Schoemaker (1971, p. 161) substituíram a designação «efeito recíproco» por «efeito de difusão».

(8) Se t é uma variável contínua é possível obter c a partir da primeira derivada de (1). De facto:

$$\frac{dP_t}{dt} = P_t c \frac{(K - P_t)}{K} \text{ e, logo, } c = \frac{dP_t/dt}{(K - P_t)} \frac{1}{P_t} K$$

Nas fórmulas (3) e (4) admitimos que o parâmetro de saturação K é igual a 100.

(9) Basta ter em consideração a influência dos vizinhos que primeiro adoptam a inovação [assinalada por Ryan e Gross (1943)] nos outros agricultores.

adoptantes menor o risco e a incerteza de aceitar a inovação e logo maior a taxa de adopção.

Mansfield (1961) desenvolveu o modelo de difusão de Griliches de uma maneira mais engenhosa e mais formalizada e testou-o para 12 inovações aplicadas em quatro indústrias nos Estados Unidos. Mansfield (1963 b) retoma o mesmo modelo mas agora o objectivo já não é explicar as diferenças na taxa de aceitação da inovação interindústrias (ou interestados: modelo de Griliches) mas sim intra-empresas. O autor testou o modelo para uma inovação, locomotiva a diesel, usada em 30 empresas no mesmo país. O maior contributo destes modelos é permitir prever que o padrão de difusão da inovação segue uma função logística. Mas este resultado pressupõe várias manipulações algébricas e suposições que tornam os modelos vulneráveis às mesmas críticas que foram feitas ao modelo de Griliches. De facto, não parece aceitável admitir que a rentabilidade esperada com a introdução da inovação é sempre a mesma ao longo do tempo (e entre empresas) e, simultaneamente, argumentar que quanto mais tempo uma empresa espera para instalar a inovação mais a rentabilidade esperada será vista com menos risco e incerteza, devido à experiência adquirida com as empresas inovadoras ⁽¹⁰⁾.

Mansfield (1963 a) construiu um outro modelo que tem como principal objectivo explicar por que é que algumas empresas inovam mais rapidamente do que outras. Neste modelo a variável dependente já não é a taxa de aceitação da inovação, c , mas sim o número de anos que uma empresa espera para introduzir a inovação. Esta variável tende a estar inversamente correlacionada com a dimensão da empresa e com a rentabilidade do seu investimento na inovação ⁽¹¹⁾ ⁽¹²⁾. Este modelo é independente dos modelos anteriores de Griliches e Mansfield e, segundo alguns autores, torna-os redundantes se for possível prever o padrão de difusão da inovação na indústria com base na distribuição da nova variável dependente.

É neste sentido que se orienta o modelo de difusão da inovação de Davies (1979, capítulo 4). Neste modelo de difusão a decisão da empresa individual

⁽¹⁰⁾ V. Mansfield (1961, pp. 289–290 e 296–297) e (1963 b, pp. 352–353). Para uma crítica, v. Davies (1979, capítulo 2).

⁽¹¹⁾ Mansfield (1963 a, secção v) usou outras variáveis explicativas tais como a taxa de crescimento da empresa, a sua liquidez, o seu lucro (e a tendência do mesmo) e ainda a idade do seu presidente. Todavia, nenhuma destas variáveis era estatisticamente significativa.

⁽¹²⁾ Mansfield testou o modelo para 14 inovações industriais usadas por 294 empresas. Mas só para 5 inovações, utilizadas por 127 empresas (71, 12, 12, 9 e 23) dispunha de informação para as duas variáveis explicativas. Isto devido à dificuldade em medir a rentabilidade do investimento da empresa com a inovação. Para além desta dificuldade, o método de estimação usado pelo autor é muito questionável. A rentabilidade foi estimada para cada uma das cinco inovações enquanto a dimensão foi estimada para o conjunto das inovações. Como escreveu Davies (1979, p. 22), «statistically, this makes interpretation of this parameter (the firm's size) particularly hazardous: one cannot be sure that it reflects inter-firm, rather than inter-industry, size effects». V. Mansfield (1963 a, secção iv) e Davies (1979, secção 2.4.2).

em inovar é colocada no centro da análise (13). A empresa i adoptará a inovação no ano t se o período esperado para a recuperação do investimento realizado, ER_{it} , não é maior que o período máximo de recuperação do investimento (também designado período objectivo) aceite pela empresa, \bar{R}_{it} . Denotando a adopção ou não da nova tecnologia pela variável q_{it} (0,1), a condição de aceitação é definida por:

$$\begin{aligned} q_{it} &= 1 \text{ se e só se } ER_{it} \leq \bar{R}_{it} \\ q_{it} &= 0 \text{ se e só se } ER_{it} > \bar{R}_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

Quando maior for a rentabilidade esperada com a introdução da inovação menor será o período necessário para a recuperação do investimento efectuado e, por isso, mais rapidamente estará satisfeita a condição de aceitação.

Davies sugere várias razões para que as empresas não usem a nova tecnologia simultaneamente: *i)* a rentabilidade esperada é diferente e a proporção de empresas para as quais a inovação é vantajosa muda conforme os preços relativos também mudam; *ii)* a sua atitude perante o risco e a incerteza não é a mesma; *iii)* o acesso à informação e a sua capacidade para a compreender, interpretar e aplicar é muito diferente; *iv)* a possibilidade de realizar potenciais economias de escala com a introdução da inovação não é igual. E segundo ele uma proporção significativa das diferenças de comportamento das empresas perante a inovação pode ser explicada por diferenças na sua dimensão.

É com base nestes pressupostos que admite que o período esperado para a recuperação do investimento, realizado pela empresa i no período t , é uma função multiplicativa da dimensão da empresa, S_{it} , de outras características da empresa (particularmente de natureza técnica), X_{ijt} , e da variável tempo. Ou seja:

$$ER_{it} = \theta_{1t} S_{it}^{\beta_1} \varepsilon_{1it} \quad \beta_1 \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \quad (6)$$

onde:

$$\varepsilon_{1it} = \prod_j^v = 1 X_{ijt}^{\eta(j)} > 0$$

e $\theta_{1t} > 0$, $(d\theta_{1t}/dt)/\theta_{1t} < 0$ para todo o t . Por sua vez, o período máximo de recuperação do investimento é também uma função multiplicativa da dimensão da empresa S_{it} , de outros atributos da empresa (com particular realce para atributos económicos e financeiros), Y_{ijt} , e da variável tempo.

$$\bar{R}_{it} = \theta_{2t} S_{it}^{\beta_2} \varepsilon_{2it} \quad \beta_2 \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} 0 \quad (7)$$

onde:

$$\varepsilon_{2it} = \prod_j^v = 1 Y_{ijt}^{\phi(j)} > 0$$

e $\theta_{2t} > 0$, $(d\theta_{2t}/dt)/\theta_{2t} > 0$ para todo o t .

(13) O mesmo sucede com o modelo da David (1975). Há ainda outras semelhanças entre os modelos de difusão da inovação destes dois autores. A importância que ambos atribuem ao processo de «learning by doing», à dimensão crítica da empresa e ao movimento dos preços relativos.

A empresa i utilizará uma nova tecnologia ($ER_{it} \leq \bar{R}_{it}$) se:

$$\frac{\theta_{2t} S_{it}^{\beta} \varepsilon_{2it}}{\theta_{1t} S_{it}^{\beta} \varepsilon_{1it}} \geq 1 \quad (8)$$

Fazendo $\beta = \beta_2 - \beta_1$, $\varepsilon_{it} = \varepsilon_{2it}/\varepsilon_{1it}$ e $\theta_t = \theta_{2t}/\theta_{1t}$, Davies dá uma nova forma à desigualdade (8):

$$\theta_t S_{it}^{\beta} \varepsilon_{it} \geq 1 \quad \beta \geq 0 \quad (9)$$

onde $\varepsilon_{it} > 0$, $\theta_t > 0$ e $(d\theta_t/dt)/\theta_t > 0$ para todo o t . A partir de (9) o autor define a dimensão crítica da empresa:

$$\bar{S}_{it} = (\theta_t \varepsilon_{it})^{-1/\beta} \quad (10)$$

A condição de aceitação da inovação é então reformulada da seguinte maneira: a empresa i inovará no período t se e só se a sua dimensão, S_{it} , é maior ou igual que a sua dimensão crítica, \bar{S}_{it} . Assim, temos (14):

$$q_{it} = 1 \text{ se e só se } \bar{S}_{it} \leq S_{it} \text{ para } \beta > 0 \quad (11)$$

$q_{it} = 0$ para todos os outros casos.

Mas esta condição de aceitação pode ser apresentada em termos probabilísticos, uma vez que a dimensão crítica da empresa i , escolhida aleatoriamente entre todas as empresas com dimensão actual S_t , é uma variável aleatória. Davies (1979, p. 73) escreve que a probabilidade de a empresa i ter adoptado no período t condicionada por a sua dimensão, S_{it} , ser igual a S_t , é igual à probabilidade da sua dimensão crítica, \bar{S}_{it} , não ser maior que S_t . Ou seja:

$$P(q_{it} = 1 | S_{it} = S_t) = P(\bar{S}_{it} \leq S_t) \text{ para } \beta > 0 \quad (12)$$

Se conhecermos a distribuição de \bar{S}_{it} e de S_t temos uma teoria de difusão da inovação (15).

Davies começa por admitir que ε_{it} tem uma distribuição lognormal ao longo das diferentes classes de dimensão no período t e, além disso, assume que

(14) Admitimos apenas que a possibilidade de aceitar uma nova tecnologia varia positivamente com a dimensão ($\beta > 0$). Embora o modelo também comporte a situação inversa, os resultados empíricos mostram uma relação positiva.

Como argumenta Mansfield (1963 a, p. 292), «because of their larger financial resources, bigger engineering departments, better facilities for experimentation, and closer ties with equipment manufacturers, bigger firms can play the role of the pioneer more cheaply and with less risk than smaller ones». V. também Rogers e Schoemaker (1971, capítulo 5).

(15) O leitor familiarizado com a teoria do consumidor observará muitas semelhanças entre o modelo apresentado e a curva de Engel para bens duráveis. V. Cramer (1969, capítulo 3) e Aitchison e Brown (1957, capítulo 12).

β e θ_t são constantes seccionalmente no período t (16). Com base nestas hipóteses e em (10) conclui que \bar{S}_{it} tem uma distribuição lognormal (17).

$$\bar{S}_{it} \sim \Lambda \{(-\ln\theta_t)/\beta, (\sigma_t/\beta)^2\} \quad (13)$$

A condição de aceitação da inovação (12) pode agora ser escrita da seguinte forma:

$$P(q_{it} = 1 | S_{it} = S_t) = \Lambda \{S_t; (-\ln\theta_t)/\beta, (\sigma_t/\beta)^2\} \text{ para } \beta > 0. \quad (14)$$

Ou, em termos da função de distribuição normal standardizada:

$$\begin{aligned} P(q_{it} = 1 | S_{it} = S_t) &= N \{ \ln S_t; (-\ln\theta_t)/\beta, (\sigma_t/\beta)^2 \} = \\ &= N \left\{ \frac{\ln S_t + (\ln\theta_t)/\beta}{(\sigma_t/\beta)}; 0,1 \right\} \text{ para } \beta > 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Esta probabilidade pode ser estimada pela proporção de empresas que no período t pertenciam à classe de dimensão k (1, 2, 3, ..., r , classes) e que já tinham adoptado a inovação. A leitura da tabela da função de distribuição normal permite converter as proporções observadas, no período t para cada classe k , em desvios normais equidistantes Z_{kt} e pelo método *probit* ou outro equivalente estima-se a seguinte função (18).

$$Z_{kt} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln S_{kt} \text{ com } k = 1, 2, 3, \dots, r \text{ classes} \quad (16)$$

onde, naturalmente, $\alpha_0 = (\ln\theta_t)/\sigma_t$, $\alpha_1 = \beta/\sigma_t$ e S_{kt} é a dimensão média da classe k (19).

O modelo (16) permite avaliar em cada período a contribuição da dimensão, *ceteris paribus*, para as diferenças de comportamento das empresas perante a inovação. Mas se se quiser conhecer a trajectória da difusão da inovação ao longo do tempo é necessário proceder à agregação ponderada

(16) A hipótese de lognormalidade de ε_{it} assenta no pressuposto de as variáveis X e Y serem independentes (forma multiplicativa do teorema do limite central). Se a média e a variância de $\ln \varepsilon_{it}$ forem respectivamente 0 e σ_t^2 então:

$$\varepsilon_{it} \sim \Lambda(0, \sigma_t^2)$$

V. Davies (1979, p. 74), Aitchison e Brown (1957, capítulo 2) e Cramer (1969, capítulo 3).

(17) V. Aitchison e Brown (1957, capítulo 2).

(18) Note-se que: i) se a dimensão crítica tiver uma distribuição lognormal o modelo (16) tenderá a ser linear; ii) se a probabilidade de aceitação de uma nova tecnologia variar positivamente com a dimensão então α_1 terá de ser positivo; iii) se o modelo (16) for estimado para a mesma inovação em diferentes períodos de tempo e α_1 apresentar valores semelhantes, isso significa que (β/σ_t) tenderá a manter-se estável ao longo do tempo. A estabilidade de σ_t é uma das hipóteses do modelo cronológico que será introduzido em seguida.

(19) Assume-se que todas as empresas pertencentes à mesma classe têm a mesma dimensão: a dimensão média da classe. Esta hipótese também faz parte dos modelos de estimação das curvas individuais de Engel. V. Cramer (1969, capítulo 3).

das diferentes probabilidades dadas por aquele modelo. Cramer (1969, capítulo 3) e Aitchison e Brown (1957, capítulos 2 e 12) sugerem um processo de agregação que evita a tarefa, impossível na maioria dos casos, de estimar anualmente o modelo (16). Davies (1979, capítulo 4) segue a sugestão daqueles autores.

A condição de aceitação da inovação em termos agregados, designada por Q_t , pode ser definida como a probabilidade de uma empresa, escolhida aleatoriamente, ter a sua dimensão actual maior ou igual que a sua dimensão crítica. Ou seja:

$$Q_t = P(\bar{S}_t \leq S_t) \text{ para } \beta > 0 \quad (17)$$

Admitindo que o nível da dimensão crítica é independente da dimensão actual, Cramer mostra que a condição (17) pode ser escrita:

$$Q_t = P(\bar{S}_t \leq S_t) = \int_0^{\infty} \Lambda \{S_t; (-\ln \theta_t)/\beta, (\sigma_t/\beta)^2\} dF_t(S) \text{ para } \beta > 0 \quad (18)$$

onde $F_t(S)$ é a função de distribuição da dimensão actual no período t . Para integrar (18), e portanto este processo de agregação ser útil, é preciso conhecer a forma de distribuição de $F_t(S)$.

Davies assume, com base em diversos estudos empíricos, que a dimensão actual S_t , tem uma distribuição lognormal com média μ_{st} e variância σ_{st}^2 . Substituindo este resultado em (18) temos:

$$Q_t = P(\bar{S}_t \leq S_t) = \int_0^{\infty} \Lambda \{S_t; (-\ln \theta_t)/\beta, (\sigma_t/\beta)^2\} d \Lambda(S_t; \mu_{st}, \sigma_{st}^2) \text{ para } \beta > 0 \quad (19)$$

Aitchison e Brown demonstram que (19) pode ser escrita da seguinte maneira:

$$Q_t = P(\bar{S}_t \leq S_t) = \Lambda \left\{ 1; -(1/\beta) (\ln \theta_t + \beta \mu_{st}), (\sigma_t/\beta)^2 + \sigma_{st}^2 \right\} \text{ para } \beta > 0 \quad (20)$$

Ou, em termos da função de distribuição normal standardizada (20):

$$Q_t = P(\bar{S}_t \leq S_t) = N \left\{ \frac{\ln 1 + (1/\beta)(\ln \theta_t + \beta \mu_{st})}{(\sigma_t^2/\beta^2 + \sigma_{st}^2)^{1/2}}; 0, 1 \right\} \text{ para } \beta > 0 \quad (21)$$

Para determinar a trajectória de difusão de (21) é necessário estabelecer hipóteses quanto ao comportamento dos parâmetros da distribuição da dimensão crítica e actual.

Davies começa por assumir que estes parâmetros se mantêm constantes ao longo do processo de difusão da inovação. Neste caso, em que

(20) Uma vez mais as semelhanças com o processo de agregação das curvas lognormais de Engel são evidentes. V. Cramer (1969, capítulo 3) e Aitchison e Brown (1957, capítulo 12).

$\mu_{st} = \mu_s, \sigma_{st}^2 = \sigma_s^2$ e $\sigma_t^2 = \sigma^2$ para todo t , só θ_t varia com o tempo na expressão (21). O autor considera dois tipos de inovações:

$$\theta_t = \alpha t^\varphi \quad (22-a)$$

para o grupo de inovações mais simples e baratas (grupo A)

$$\theta_t = \alpha e^{\varphi t} \quad (22-b)$$

para o grupo de inovações mais complexas e caras (grupo B).

Substituindo estas duas alternativas em (21) facilmente obtemos:

$$Q_t = N \left\{ \frac{\ln t + (1/\varphi)(\ln \alpha + \beta \mu_s)}{(1/\varphi)(\beta^2 \sigma_s^2 + \sigma^2)^{1/2}}; 0,1 \right\} = N \{ (\ln t - \mu_D)/\sigma_D; 0,1 \} \quad (23-a)$$

para o grupo A,

$$Q_t = N \left\{ \frac{t + (1/\varphi)(\ln \alpha + \beta \mu_s)}{(1/\varphi)(\beta^2 \sigma_s^2 + \sigma^2)^{1/2}}; 0,1 \right\} = N \{ (t - \mu_D)/\sigma_D; 0,1 \} \quad (23-b)$$

para o grupo B, onde $\mu_D = -(1/\varphi)(\ln \alpha + \beta \mu_s)$ e $\sigma_D^2 = (1/\varphi)^2(\beta^2 \sigma_s^2 + \sigma^2)$. As duas formas alternativas de (23) implicam que inovações tecnologicamente simples e relativamente baratas (nas quais os efeitos de *learning by doing* se esgotam nos primeiros anos de aplicação da inovação) Q_t cresce com t de acordo com uma função de distribuição lognormal; inovações mais complexas e mais caras (em que as potencialidades de *learning by doing* são mais substanciais no longo prazo) Q_t cresce com t em conformidade com uma função de distribuição normal (21) (22).

Ambas as probabilidades em (23) podem ser estimadas pela proporção acumulada de empresas que adoptaram a inovação ao longo do tempo. Através da leitura da tabela da função de distribuição normal é possível converter as proporções acumuladas e observadas anualmente em desvios normais equidistantes, Z_t , e, novamente, pelo método *probit* ou outro equivalente estimam-se as seguintes equações:

$$Z_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln t \quad (24-a)$$

para o grupo A,

(21) Os efeitos de *learning by doing* (aprendizagem resultante da experiência acumulada da execução de uma tarefa) traduzem-se no declínio dos custos unitários nos ramos que produzem a inovação e nos ramos que a vão usar. Não é possível separar os efeitos de *learning by doing* da redução nos custos unitários provocada por aumentos na escala.

(22) Enquanto a distribuição lognormal tem o ponto de inflexão antes de a probabilidade atingir 50 % (curva enviezada à esquerda ou assimétrica positiva), a distribuição normal e logística tem o ponto de inflexão a 50 % (ambas as curvas simétricas). A diferença entre as duas últimas distribuições está nas abas mais longas. Johnson e Kotz (1970) comparam as propriedades destas funções de distribuição no volume 1 (capítulos 13 e 14) e no volume 2 (capítulo 22).

$$Z_t = \gamma_2 + \gamma_3 t \quad (24-b)$$

para o grupo B, onde $\gamma_0 = -\mu_D/\sigma_D$, $\gamma_1 = 1/\sigma_D$, $\gamma_2 = -\mu_D/\sigma_D$ e $\gamma_3 = 1/\sigma_D$ (23).

É possível abandonar algumas das hipóteses mais rígidas destes modelos cronológicos. No entanto, as modificações propostas pelo autor não alteram os resultados básicos de (24 a e b) e, por esse motivo, não serão aqui apresentadas (24).

A maior contribuição de Davies foi dar corpo único aos modelos de difusão da inovação seccional e cronológico, eliminando a independência entre eles, como acontecia em Mansfield (1961, 1963 b e 1963 a). Os testes empíricos dos modelos discutidos por Davies (1979), nos capítulos 5 e 6, são, na nossa opinião, a parte mais fraca do seu trabalho. O α_1 do modelo seccional (16) foi estimado por inspecção visual, uma vez que para 62 % das inovações o autor dispunha de três ou duas classes de dimensão. Para estas inovações (13 em 21) não era difícil obter um modelo linear.

Na estimação do modelo cronológico o autor procura mostrar que se se ajustar a curva apropriada às inovações apropriadas se obtêm bons resultados e o inverso acontecerá se for ajustada a curva não apropriada. A estimação dos parâmetros de (24 a) e (24 b) foi obtida pelo método do mínimo *normit* χ^2 (ou do *logit* χ^2 , no caso da função logística) e para ajuizar a qualidade do ajustamento Davies usa o coeficiente de determinação corrigido, \bar{R}^2 , e o ensaio sobre a existência de autocorrelação Durbin-Watson, D. W. (25). Pensamos ser questionável afirmar que uma curva de difusão é mais apropriada do que outra

(23) γ_1 e γ_3 são utilizados por Davies como medidas de velocidade de difusão da inovação. No capítulo 7 o autor testa hipóteses sobre as suas determinantes.

Se o modelo (24 b) for estimado pelo método *logit* γ_3 não é mais do que a taxa de aceitação da inovação do modelo de Griliches [o c da transformação (2)].

(24) Davies modifica a hipótese inicial de μ_{St} ser constante de duas maneiras. Primeiro, admite que a média da dimensão actual das empresas num sector cresce ou decresce à mesma taxa constante que o sector como em todo. Esta suposição não altera as previsões dos modelos (24 a) e (24 b) obrigando apenas a uma ligeira redefinição dos parâmetros a estimar. Segundo, permite que μ_{St} seja afectado por flutuações cíclicas o que pode produzir desvios nas trajectórias de difusão previstas pelos modelos. Mas, na opinião do autor, «there is only limited evidence that cyclical factors have much influence on the shape of the typical diffusion curve» (p. 108).

(25) O método do mínimo *normit* χ^2 (ou do *logit* χ^2) é um método não iterativo em que os parâmetros são estimados por ponderação dos mínimos quadrados. Foi desenvolvido por Berkson (que também elaborou uma tabela com as ponderações) e a sua principal vantagem, relativamente ao *probit* (*logit*), é a maior facilidade de cálculo. Com os meios de cálculo hoje disponíveis esta vantagem deixou de ser importante.

O procedimento mais usado como alternativo ao *normit* χ^2 (*logit* χ^2) é o *probit* (*logit*, para a função logística) que consiste em calcular, por um processo iterativo, o estimador de máxima verosimilhança para os parâmetros do modelo. A vantagem do método *probit* (*logit*), relativamente ao *normit* χ^2 (*logit* χ^2), é que não sofre da instabilidade deste quando a frequência da classe é pequena.

Tanto o *probit* (*logit*) como *normit* χ^2 (*logit* χ^2) proporcionam estimadores assintoticamente eficientes. Berkson (1957), Finney (1971, capítulos 4 e 5) e Aitchison e Brown (1957, capítulo 7) comparam estes dois métodos. V. ainda o *survey* de Amemiya (1981) sobre os modelos de resposta qualitativa.

apenas com base num método de estimação quando esse método está longe de merecer a concordância da maioria dos autores e não é indiferente o método usado na variação do quadrado dos resíduos ⁽²⁶⁾. Além disso, como as frequências observadas, para grande parte das inovações estudadas por Davies, não se concentram nas abas parece-nos ser pouco fundamentada a opção do autor pela curva de difusão normal (grupo B de inovações) a desfavor da logística ⁽²⁷⁾.

Na secção seguinte os modelos de difusão de Davies, seccional e cronológico, serão aplicados a três novas tecnologias utilizadas na agricultura portuguesa.

III — Estudo da difusão dos herbicidas e da ceifeira-debulhadora

Como são escassos os dados disponíveis para estudar os processos de difusão de novas tecnologias na agricultura, serão analisadas apenas três inovações: herbicidas empregues na monda química do arroz, herbicidas empregues na cava química da vinha e a ceifeira-debulhadora ⁽²⁸⁾. A informação estatística usada nesta secção para testar os modelos de difusão da inovação provém de fontes diversas; ao longo do texto ou em apêndice são referidas essas fontes, bem como os métodos utilizados para tratamento dos dados ⁽²⁹⁾.

⁽²⁶⁾ Griliches (1957, p. 504), depois de afirmar que o método de Berkson foi proposto no âmbito de ensaios biológicos, argumenta que «it is not clear, however, whether the bio-assay model is applicable in our context, nor it is obvious, even in bio-assay, what system of weights is optional... Hence no weights were used». Mansfield (1961, 1963 b) usa o método de Berkson mas escreve: «As Griliches (1957) pointed out high correlation coefficients of this sort should be taken with a grain of salt» (1963 b, p. 354). Dixon (1980), ao reexaminar os modelos de Griliches (1957 e 1960 a), utiliza o método de Berkson porque, justifica ele, ao estimar, para cada estado, a função logística pelo método clássico dos mínimos quadrados se deparou com um alto grau de heteroscedasticidade. Embora reconheça que «it is not clear that Berkson's reasoning is entirely applicable to our problem... The equations for each state were re-estimated with the observations weighted do correct for [heteroscedasticity]» (p. 1453). Por sua vez, Oliver (1964), num estudo sobre os métodos de estimação da função logística, salienta que esta função deve ser estimada directamente pelo método dos mínimos quadrados não linear. E conclui «there is no substitute for full least squares in estimating the logistic growth function» (p. 65).

⁽²⁷⁾ Com os mesmos dados que Davies, mas usando métodos de estimação diferentes, verificamos que a curva de difusão logística não proporciona resultados menos satisfatórios que a normal.

⁽²⁸⁾ Inicialmente pensávamos analisar dois exemplos de tecnologia biológica e química (herbicidas utilizados na produção orizícola e vitícola) e dois de tecnologia mecânica (a ceifeira-debulhadora e o tractor). Como o tractor dentro da exploração agrícola é empregue nas mais variadas tarefas, não nos foi possível calcular as vantagens económicas da sua utilização relativamente aos métodos de produção anteriores. Além disso, no Inquérito às Explorações Agrícolas do Continente de 1968 o número de explorações agrícolas, em algumas classes de área, que declararam possuir tractores é superior ao número de explorações nessas classes! Como esta informação é necessária, limitamo-nos a um exemplo de tecnologia mecânica. No entanto, do trabalho preliminar realizado, é possível afirmar que o processo de difusão dos tractores apresenta semelhanças com o das ceifeiras-debulhadoras.

⁽²⁹⁾ O autor agradece aos engenheiros Chaby Nunes, do Centro Nacional de Protecção da Produção Agrícola (Direcção de Serviços de Homologação, Toxicologia e Análises), Agostinho de

Ainda que os primeiros ensaios de campo com herbicidas empregues na cultura do arroz e da vinha se tenham realizado na década de 50, só na segunda metade da década de 60 é que o seu emprego no combate às infestantes passou a ser importante ⁽³⁰⁾. No decénio de 1970–1980 os herbicidas usados nestas duas culturas representavam, em termos de substância activa, mais de três quartos do total dos herbicidas vendidos em Portugal ⁽³¹⁾. O uso de ceifeiras-debulhadoras na agricultura portuguesa remonta aos anos 40 mas é também na segunda metade da década de 60 que se intensifica a sua utilização. O número de unidades existentes passou de 935 em 1965 para 3384 em 1973. O principal impacte destas três inovações no sector agrícola foi ter permitido uma enorme libertação de mão-de-obra. Estimamos que entre 1966–1967 e 1972–1973 a generalização do emprego de herbicidas na produção orizícola e vitícola e a maior utilização das ceifeiras-debulhadoras contribuiu com mais de um quinto para a redução da população activa com profissão no sector agrícola (cerca de 34 000 numa redução total de 151 000 activos) ⁽³²⁾.

A primeira questão que iremos responder nesta secção é seguinte: por que é que algumas explorações agrícolas adoptaram herbicidas e ceifeiras-debulhadoras mais rapidamente do que outras? De todas as variáveis utilizadas para explicar a velocidade da adopção da inovação interempresas (modelo seccional) a dimensão parece ser aquela que reúne maior consenso. Tanto os modelos teóricos de difusão de Mansfield e Davies como os estudos empíricos destes mesmos autores, e muitos outros citados por Rogers e Schoemaker, parecem concordar que em média as empresas de maior dimensão adoptam as novas tecnologias mais rapidamente do que as empresas mais pequenas. Rogers e Schoemaker (1971, pp. 361–363) citam 227 estudos empíricos realizados por diferentes autores e dizem que 152 destes estudos, isto é, 67 %, mostram que «earlier adopters have larger size units (farms and so on) than the later adopters».

O Inquérito às Explorações Agrícolas do Continente de 1968 (IEA) e o Recenseamento Agrícola do Continente de 1979 (RAC) mostram as explorações agrícolas que possuíam ceifeiras-debulhadoras por classe de dimensão (hectares). O RAC de 1979 também apresenta as explorações agrícolas que

Carvalho, do Departamento de Estudos de Economia e Sociologia Agrária, Arnaut Mendonça e Bernardes Carneiro, da Direcção-Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola (Serviços de Mecanização Agrária), por terem tornado disponível informação estatística e ou terem esclarecido dúvidas.

⁽³⁰⁾ Amaro (1981) apresenta um resumo histórico sobre a utilização de herbicidas em Portugal. Nunes (1976 e 1980) estima as vendas de herbicidas, a área tratada e os custos de tratamento no período de 1961–1979.

⁽³¹⁾ Os herbicidas empregues na vinha representavam 51 % e no arroz 25 %.

⁽³²⁾ Valor estimado com base nos tempos padrão de trabalho na monda manual do arroz (*versus* monda química), na cava e raspa manual da vinha (*versus* cava química) e na ceifa manual do trigo e debulha com debulhadora fixa (*versus* ceifeira-debulhadora). Os tempos padrão de trabalho utilizadas encontram-se em apêndice.

utilizavam herbicidas (em todas as culturas) por classe de área (33). Carvalho (1984 a e b), num estudo realizado na freguesia de Dois Portos, concelho de Torres Vedras, mostra o emprego de herbicidas na cava química da vinha por classes de *output* em 1970. São os dados destas três fontes que servem de base para testar se a dimensão pode explicar uma proporção significativa das diferenças de comportamento, perante a adopção da inovação, entre explorações agrícolas. O modelo empregue para testar esta hipótese é o modelo seccional de Davies, equação (16), apresentado na secção anterior.

Antes de estimar este modelo, representamos graficamente, nos gráficos 1 e 2, as três inovações: ceifeiras-debulhadoras, herbicidas empregues em todas as culturas e herbicidas empregues na cava química da vinha (34). Em ordenadas está representado o *probit* da proporção de explorações agrícolas que já tinham adoptado a inovação num determinado ano e em abcissas o logaritmo da dimensão média no mesmo ano (35). A leitura dos gráficos 1 e 2 permite retirar várias conclusões.

Primeira, a relação entre o *probit* da proporção de explorações agrícolas que adoptaram a inovação e o logaritmo da dimensão média tende a ser linear para as três inovações. A linearidade ainda seria maior se as classes de dimensão extremas fossem agrupadas. Este resultado é concordante com a hipótese do modelo (16) da dimensão crítica, S_{it} , ter uma distribuição lognormal (36). Segunda, a inclinação positiva de todas as curvas de distribuição mostra que o parâmetro de escala, o β da equação (10), é positivo. Assim, a proporção de explorações agrícolas que já tinham adoptado a inovação nos anos considerados varia positivamente com a dimensão. Terceira, para oito classes de dimensão e em 1979, o declive da curva de distribuição das explorações agrícolas que adoptaram herbicidas é menor do que o da curva da distribuição das explorações agrícolas que adoptaram ceifeiras-debulhadoras. A diferença observada tem a ver com diferenças na divisibilidade e nos custos das duas inovações. Finalmente, quando se compara a distribuição das ceifeiras-debulhadoras em 1968 e 1979 verifica-se que ambas as curvas têm

(33) Infelizmente não é possível discriminar o emprego de herbicidas por tipo de cultura. Mas como se viu é na monda do arroz e na cava da vinha que se emprega o grosso dos herbicidas.

(34) Para as ceifeiras-debulhadoras e para os herbicidas empregues em todas as culturas dispomos de oito classes de dimensão, mas para os herbicidas empregues na cava química da vinha dispomos apenas de quatro classes de dimensão.

(35) Por exemplo, se para uma dada classe de dimensão a proporção de explorações agrícolas que adoptaram a inovação foi de 67 %, então o *probit* é igual a 0,44 (desvio normal equidistante) mais 5 (constante).

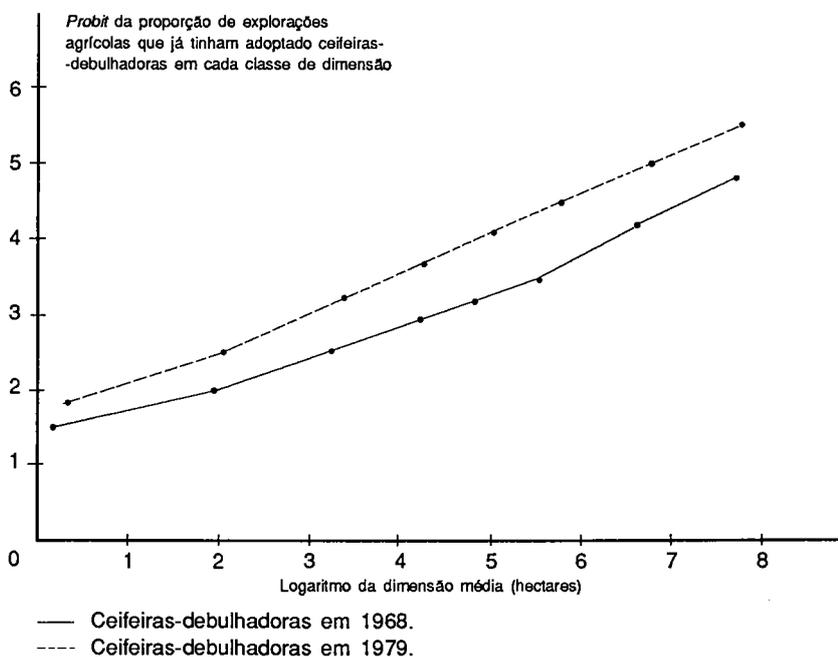
(36) Embora a representação gráfica não possa ser vista como um teste rigoroso à hipótese de lognormalidade permite, de uma forma rápida, um primeiro julgamento. Um teste mais rigoroso a esta hipótese é o teste do χ^2 da qualidade do ajustamento. Efectuámos para cada uma das inovações o teste do χ^2 e verificámos que os dados disponíveis são claramente compatíveis com a distribuição lognormal. Em nenhum caso a hipótese nula de lognormalidade pode ser rejeitada a um nível de significância de 10 %. V. Aitchison e Brown (1957, capítulo 4).

um declive muito semelhante⁽³⁷⁾. Quer isto dizer que, pelo menos para as ceifeiras-debulhadoras, o $\alpha_1 (= \beta/\sigma_p)$ do modelo (16) tende a manter-se estável de um período para o outro. A constância de σ_p é uma das hipóteses dos modelos cronológicos (24 a e b).

Os resultados obtidos pela estimação do modelo (16): $Z_{xt} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln S_{xt}$, usando o método dos mínimos quadrados (OLS) e o método *probit*, estão expostos no quadro 1. Todos os coeficientes estimados são estatisticamente significantes ao nível de 1 % (teste de duas abas). Os resultados do quadro 1 confirmam as conclusões apresentadas no parágrafo anterior. Resta apenas acrescentar que a dimensão, atendendo aos elevados valores de \bar{R}^2 , explica uma elevada proporção das diferenças de comportamento entre explorações agrícolas. Nas três inovações estudadas a dimensão explica 90 % ou mais da variância da variável endógena⁽³⁸⁾. Mas porquê este poder explicativo da dimensão?

GRÁFICO 1

Distribuição lognormal da dimensão das explorações agrícolas do continente que até 1968 e 1979 tinham adoptado ceifeiras-debulhadoras



(Oito classes: -4,4 -20, 20-50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000 e + 1000 ha.)

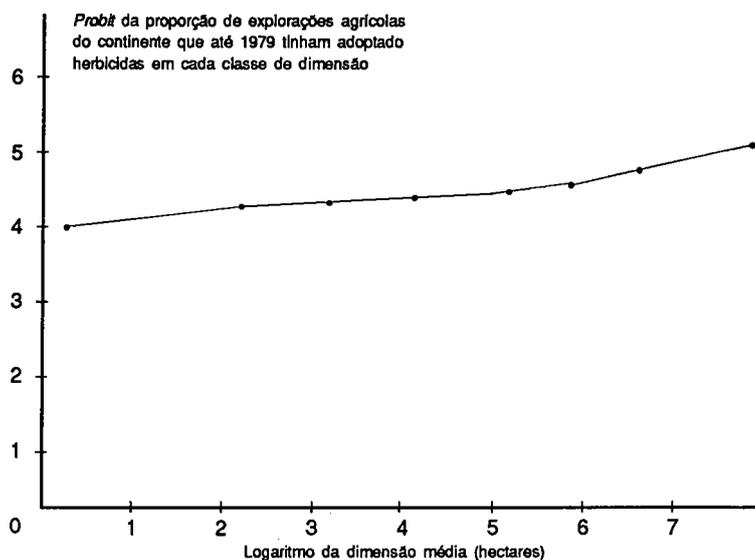
Fonte: IEA, 1968, e RAC, 1979.

⁽³⁷⁾ Para os herbicidas não é possível fazer esta comparação porque o IEA 1968 não tem qualquer informação sobre o consumo de herbicidas.

⁽³⁸⁾ Os coeficientes de determinação corrigidos ainda seriam maiores se as classes extremas fossem agrupadas.

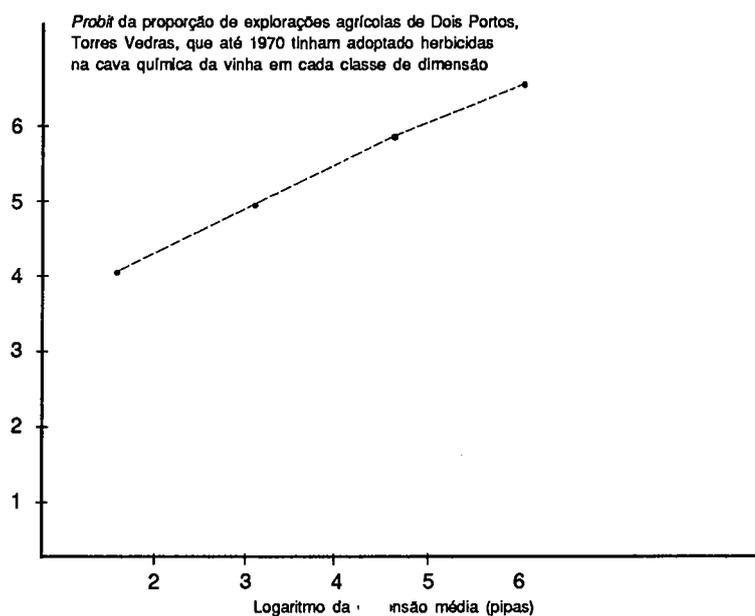
GRÁFICO 2

Distribuição lognormal da dimensão das explorações agrícolas que em 1970 e 1979 já tinham adoptado herbicidas (só na vinha e em todas as culturas)



(Oito classes: -4, 4 -20, 20-50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000 e + 1000 ha.)

Fonte: RAC, 1979.



(Quatro classes: -10, 10-50, 50-100 e + 100 pipas (*) de vinho.)

(*) Uma pipa = 500 l.

Fontes: Carvalho (1984 a e b).

As grandes explorações agrícolas, por serem o maior mercado potencial para a nova tecnologia, são contactadas em primeiro lugar pelas empresas fornecedoras da inovação. Esta prática dos fornecedores é uma forma de publicitar a inovação com baixos custos, pois essas explorações agrícolas são em menor número e a opinião dos seus dirigentes sobre o novo produto é muito considerada entre a grande massa de agricultores ⁽³⁹⁾.

Entre os estudiosos da difusão de novas tecnologias no mercado agrícola é geralmente aceite que os inovadores e os primeiros aderentes têm mais anos de educação do que os outros agricultores ⁽⁴⁰⁾. O IEA 1968 e o RAC 1979 não dão as habilitações escolares dos dirigentes das explorações agrícolas que adoptaram herbicidas ou ceifeiras-debulhadoras ⁽⁴¹⁾. Mas mostram que os níveis de educação dos agricultores variam positivamente com a dimensão: os coeficientes de correlação de Spearman (para 10 classes de dimensão) entre dirigentes das explorações agrícolas analfabetos, com um curso secundário, com um curso superior e a dimensão são, respectivamente, — 1,000, 0,9898 e 1,000. A melhor formação escolar dos dirigentes das empresas agrícolas com maior dimensão permite-lhes ter acesso, em primeiro lugar, à informação fornecida pelas revistas e jornais da especialidade e dá-lhes maior capacidade para perceber e interpretar a informação proveniente destas ou de outras fontes e para aplicar esta nova informação nas suas explorações ⁽⁴²⁾ ⁽⁴³⁾.

As indivisibilidades e o elevado investimento inicial são barreiras à entrada das ceifeiras-debulhadoras nas explorações agrícolas de menor dimensão. Apesar de a potência e de a barra de corte de uma ceifeira-debulhadora poderem variar, as indivisibilidades proporcionam economias de escala às

⁽³⁹⁾ Carvalho (1984 a, p. 134), no seu estudo sobre a difusão de herbicidas na cultura da vinha (na freguesia de Dois Portos), escreve que, na opinião do técnico vendedor da empresa de herbicidas, os grandes agricultores são os primeiros a ser contactados porque «são os que mais compras podem fazer» e porque «dado o seu reduzido número as despesas de promoção são conseqüentemente minimizadas». Por sua vez, Rogers e Schoemaker (1971, capítulo 6), apoiados em diversos estudos empíricos, argumentam que os seguidores procuram informação e conselhos em líderes de opinião que pertencem a um estrato social superior.

⁽⁴⁰⁾ Rogers e Schoemaker (1971, p. 354) mostram que de 275 estudos empíricos efectuados 203 (74 %) suportam a seguinte generalização: «earlier adopters have more years of education than do later adopters».

⁽⁴¹⁾ Carvalho (1984 a, p. 34) proporciona essa informação para os agricultores que empregavam herbicidas na cava química da vinha em Dois Portos. Os resultados deste estudo são concordantes com a generalização de Rogers e Schoemaker.

⁽⁴²⁾ Os termos «empresa agrícola» e «exploração agrícola» são utilizados indiferentemente.

⁽⁴³⁾ Uma correcta especificação do modelo seccional exigiria que o nível de educação dos agricultores fosse considerado como variável explicativa. A falta de dados afastou esta hipótese. Como a dimensão e o nível de educação estão correlacionados de forma positiva, então o parâmetro de escala estimado com o modelo (16), $\hat{\alpha}_1$, é maior do que seria caso a variável educação tivesse sido incluída.

Os sociólogos salientam muitos outros atributos dos inovadores que também se correlacionam de forma positiva com a dimensão. São exemplo o seu maior cosmopolitismo e estatuto económico e social, a sua maior participação e mobilidade social, etc. V. Rogers e Schoemaker (1971, capítulo 5).

explorações agrícolas com maior área. *Ceteris paribus*, o melhor dimensionamento dos blocos destas explorações possibilita a utilização mais eficiente da ceifeira-debulhadora, que se traduz no seu menor tempo de deslocação, de viragem e de tracção e numa maior produtividade do trabalho. Quanto maior for o custo médio anual da ceifeira-debulhadora relativamente ao custo médio anual do método de produção que esta inovação irá substituir, maior será a área necessária para que o agricultor retire vantagens económicas com o seu emprego. Como se verá, ainda que a evolução dos preços relativos tenha contribuído para que a área necessária à aceitação da ceifeira-debulhadora tivesse diminuído, esta área tanto em 1968 como em 1979 estava muito acima da dimensão média da maioria das explorações agrícolas portuguesas ⁽⁴⁴⁾.

Por último, o poder explicativo da dimensão também pode resultar da forma desigual como os preços relativos afectam as empresas agrícolas com

QUADRO 1

Estimativa do parâmetro de escala para três inovações agrícolas

Inovação	Classes de dimensão	Ano	Método de regressão	Parâmetro de escala: $\hat{\alpha}_i = (\beta^i/\sigma)$	Desvio padrão	Coefficiente de determinação corrigido: \bar{R}^2
	1	2	3	4	5	6
Ceifeiras-debulhadoras	8	1968	OLS	0,463	0,036	0,960
			Probit	0,428	0,006	—
		1979	OLS	0,500	0,014	0,994
			Probit	0,488	0,004	—
Herbicidas empregues em todas as culturas	8	1979	OLS	0,125	0,016	0,897
			Probit	0,129	0,002	—
Herbicidas empregues na cava química da vinha (*)	4	1970	OLS	0,692	0,030	0,994
			Probit	0,710	0,099	—

(*) Para esta inovação é necessário interpretar os resultados com prudência uma vez que se utilizaram apenas quatro observações.

Fontes: Inquérito às Explorações Agrícolas do Continente 1968, Recenseamento Agrícola do Continente 1979 e Carvalho (1984 a e b).

⁽⁴⁴⁾ Se existissem cooperativas de utilizadores de máquinas, que permitem aos agricultores repartir os seus serviços, o problema da área não seria tão grave.

diferente dimensão. É natural que o custo médio por hectare de cada uma das três novas tecnologias relativamente ao custo médio dos velhos métodos de produção varie negativamente com a dimensão. Por um lado, o custo das novas tecnologias tende a ser mais baixo para as explorações agrícolas com maior dimensão, pois estas beneficiam de economias pecuniárias de escala (em particular, preços mais baixos pelas compras de grandes quantidades e maiores facilidades de crédito) e de maiores subsídios governamentais. Além disso, o investimento realizado assume menor risco, uma vez que representa uma pequena proporção dos recursos da exploração. Por outro lado, o custo dos velhos métodos de produção, que são métodos trabalho intensivo, tende a ser menor nas explorações agrícolas de menor dimensão. Nestas a execução de tarefas manuais, como a cava, a raspa, a ceifa e a monda, é quase sempre feita com recurso à mão-de-obra familiar. E esta força de trabalho é empregue para além do ponto em que a produtividade marginal do trabalho desce abaixo da taxa de salário praticada no mercado, pelo menos enquanto não há fontes alternativas de emprego e rendimento fora da exploração; o objectivo é conseguir retirar das pequenas parcelas de terra o máximo rendimento. Se o comportamento dos preços relativos for próximo da descrição feita é natural que a rentabilidade esperada com a introdução da inovação seja em média maior nas explorações agrícolas de maior dimensão e, por isso, estas satisfaçam mais rapidamente a condição de aceitação.

Mas será necessário esperar muitos anos para que uma percentagem significativa de agricultores aceite a inovação? Qual a trajectória de difusão seguida por cada uma das três novas tecnologias e por que é que o padrão de difusão segue uma função de distribuição específica? O modelo cronológico de Davies, equações [24 a e b], pode dar uma ajuda importante na resposta a estas questões. Antes, porém, é preciso verificar se as hipóteses principais do modelo são satisfeitas e apresentar as séries cronológicas usadas para testar o modelo. Começamos com o primeiro ponto.

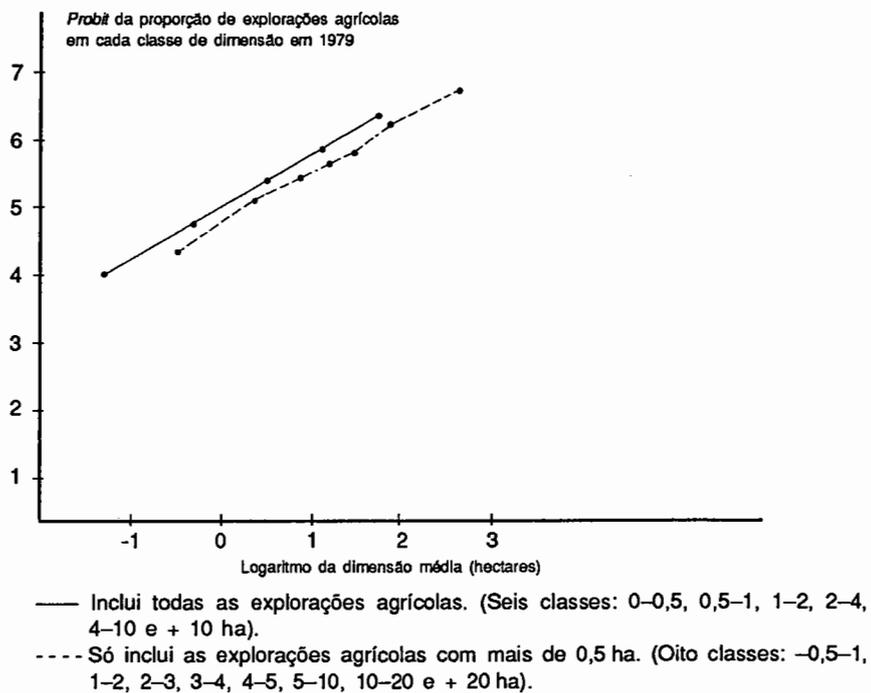
Uma das hipóteses do modelo cronológico é que a dimensão actual das explorações agrícolas tem uma distribuição lognormal. O RAC 1979, que tem a dimensão expressa em hectares, e Cordovil (1979), em que a dimensão é dada em contos (classes de PAB) proporcionam informações sobre a dimensão actual ⁽⁴⁵⁾. Para testar a hipótese de lognormalidade foram novamente usados o método gráfico e o teste do χ^2 da qualidade do ajustamento. No gráfico 3 está representado em ordenadas o *probit* da proporção de explorações agrícolas em cada classe de dimensão e em abcissas o logaritmo da dimensão média ⁽⁴⁶⁾.

⁽⁴⁵⁾ Não foi possível utilizar os dados do IEA 1968 porque as explorações agrícolas com menos de 20 ha estão agrupadas em apenas três classes.

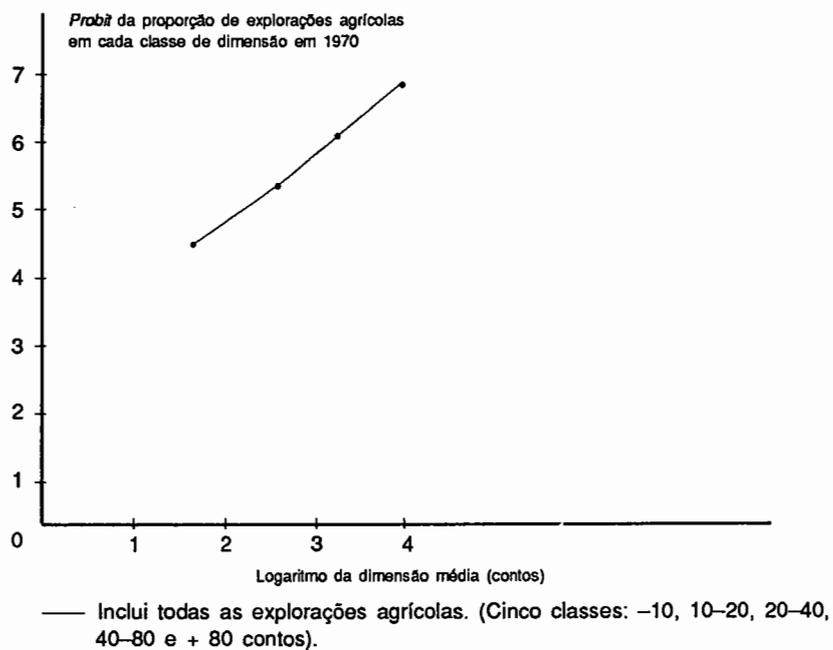
⁽⁴⁶⁾ Para considerar o maior número possível de classes de dimensão e respeitar a regra da frequência esperada de cada classe não ser inferior a 5 %, os dados de 1979 foram agrupados em seis classes (incluíram-se todas as explorações agrícolas) e oito classes (eliminaram-se as explorações com menos de 0,5 ha).

GRÁFICO 3

Distribuição lognormal da dimensão das explorações agrícolas do continente



Fonte: RAC, 1979.



Fonte: Cordovil, 1979.

Como facilmente se observa a ligação dos diferentes pontos aproxima-se muito de uma linha recta, o que significa que a distribuição lognormal é uma boa descrição dos dados disponíveis. Isto mesmo é confirmado pelo teste do χ^2 da qualidade do ajustamento. Em nenhum caso a hipótese nula de lognormalidade pode ser rejeitada a um nível de significância de 10 %. Outra das suposições do modelo cronológico de Davies é que os parâmetros da distribuição da dimensão crítica e actual se mantêm constantes de um período para o outro, isto é $\sigma_t^2 = \sigma^2$, $\mu_{St} = \mu_S$ e $\sigma_{St}^2 = \sigma_S^2$. Como já se viu, no que diz respeito à variância da dimensão crítica a única evidência disponível é para as ceifeiras-debulhadoras. O quadro 1 sugere que (β/σ_t) se manteve relativamente estável no período 1968-1979. O *ratio* estimado passou de 0,463 em 1968 para 0,5 em 1979 (47).

Antes de tecer qualquer comentário à evolução dos parâmetros da distribuição da dimensão actual, é necessário dizer que as séries cronológicas referentes aos herbicidas empregues no combate às infestantes na vinha e no arroz e às ceifeiras-debulhadoras comportam, respectivamente, os seguintes períodos: 1967-1972, 1962-1973 e 1952-1980. O período de estudo do processo de difusão das duas primeiras inovações compreende um curto espaço de tempo em que houve estabilidade na estrutura da propriedade e, por esse motivo, os parâmetros da distribuição da dimensão actual não devem ter sofrido oscilações significativas. Ter-se-á passado o mesmo no período 1952-1980 (48)? A única possibilidade de resposta a esta questão está na informação fornecida pelo IEA 1952-1954 e pelo RAC 1979, uma vez que os dados do IEA 1968 estão excessivamente agregados (49). A média e a variância estimadas para oito classes de dimensão mantiveram-se bastante estáveis no período considerado: $\hat{\mu}_S 52/54 = 0,834$, $\hat{\mu}_S 79 = 0,790$, $\hat{\sigma}_S 52/54 = 1,101$ e $\hat{\sigma}_S 79 = 1,125$ (50). Estes resultados, ainda que de forma limitada, indicam que as hipóteses do modelo cronológico são aceitáveis.

Atendendo às características das ceifeiras-debulhadoras e dos herbicidas e ao que se disse, na secção anterior, sobre as duas trajectórias de difusão alternativas, referentes a inovações dos grupos B e A, é de esperar que o padrão de difusão das ceifeiras-debulhadoras se aproxime de uma curva normal (e logística) e o dos herbicidas esteja próximo de uma curva lognormal. As ceifeiras-debulhadoras são um tipo de inovação que é tecnologicamente bastante

(47) Se as duas primeiras classes tivessem sido agrupadas a estabilidade ainda seria maior: 0,486 em 1968 e 0,506 em 1979.

(48) No pós-25 de Abril as modificações produzidas pela reforma agrária na estrutura da propriedade quase só afectaram as explorações agrícolas com mais de 200 ha. As unidades colectivas de produção reforçaram a concentração da propriedade nas classes de área de maior dimensão.

(49) A diferença de critérios usada na elaboração dos dois inquéritos (1952-1954 e 1979) exige que a comparação entre eles seja feita com cuidado.

(50) Para tornar comparável os dois inquéritos, foi feita a seguinte classificação das explorações agrícolas por classes de dimensão: 0,5-1, 1-3, 3-5, 5-10, 10-20, 20-50, 50-100 e mais de 100 ha.

Note-se que a hipótese de a dimensão actual ter uma distribuição lognormal também não é rejeitada em 1952-1954.

complexo. Os efeitos de *learning by doing* no seu uso e no seu fabrico e o progresso acumulado na própria tecnologia, que se traduzem no declínio dos custos unitários, tendem a ser mais significativos no longo prazo ⁽⁵¹⁾. Melhorias na técnica cultural de forma a tornar mais eficiente a utilização da máquina, melhor organização do trabalho na operação ceifa-debulha com vista a reduzir os tempos improdutos, etc., são exemplos dos efeitos de *learning* no uso da ceifeira-debulhadora ⁽⁵²⁾. Maior eficiência na combinação do trinómio potência-velocidade-barras de corte, maior facilidade com que se adaptam as rodas e o batedor à colheita e debulha de diferentes cereais, progressos na ergonomia, etc., são exemplos de avanços técnicos no processo de fabrico que, após vários anos de desenvolvimento, passaram a estar incorporados nas ceifeiras-debulhadoras importadas ⁽⁵³⁾.

A indivisibilidade da ceifeira-debulhadora e o seu elevado custo são outros factores que retardam a sua difusão na fase inicial. Uma decisão errada pode acarretar prejuízos significativos. Como o agricultor não pode ter esta tecnologia a título experimental na sua empresa, só a introduzirá quando a rentabilidade esperada for suficientemente elevada para compensar o alto risco envolvido com o investimento ⁽⁵⁴⁾.

Pelo contrário, a divisibilidade dos herbicidas e o seu baixo custo permitem ao agricultor certificar-se pessoalmente, pela experimentação em pequenas áreas, da sua vantagem em relação a práticas anteriores ⁽⁵⁵⁾. Neste tipo de inovação, por ser tecnologicamente mais simples, os efeitos de *learning by doing*, em particular na sua aplicação, esgotam-se num período relativamente curto ⁽⁵⁶⁾.

⁽⁵¹⁾ Arrow (1962), no seu famoso artigo sobre as implicações económicas de *learning by doing*, assume que «the learning takes place in effect only in the capital goods industry; no learning takes place in the use of a capital good once built». Mas reconhece que «the model should be extended to include this possibility» (p. 172).

Learning by doing e economias internas dinâmicas de escala são inseparáveis. *Learning* é um produto da experiência que é medida pelo investimento bruto acumulado. O aumento deste provoca o aumento da produtividade devido ao processo de *learning by doing*. Mas o aumento da produtividade também depende de mudanças técnicas geradas por aumentos na escala, sendo esta medida pelo investimento bruto acumulado.

⁽⁵²⁾ A percepção, por parte do agricultor, de que a existência de árvores condiciona a velocidade de trabalho da ceifeira-debulhadora pode ser quase imediata. Mas decidir e implementar a uniformização do porte do arvoredo demora vários anos. V. Cary (1968, 1973).

⁽⁵³⁾ Em Portugal, todas as ceifeiras-debulhadoras eram importadas. No período estudado, também os herbicidas eram importados completamente prontos a comercializar ou importavam-se todos os produtos técnicos necessários à indústria de formulação nacional.

⁽⁵⁴⁾ Rogers e Schoemaker (1971, p. 155) argumentam que «there is evidence from several investigations that relatively earlier adopters may perceive trialability as more important than later adopters».

⁽⁵⁵⁾ Rogers e Schoemaker (1971, p. 155) sugerem que «the trialability of an innovation, as perceived by members of a social system, is positively related to its rate of adoption».

⁽⁵⁶⁾ O desenvolvimento de novas substâncias activas, que têm efeitos mais prolongados e combatem um maior número de infestantes, tem implicações secundárias na curva de difusão do conjunto das substâncias activas empregues na vinha e no arroz. O mesmo não sucederia se o estudo da difusão fosse feito para cada uma das substâncias activas empregues naquelas culturas.

Tudo isto contribui para que esta tecnologia biológica e química seja aceite mais rapidamente nos primeiros anos.

As séries cronológicas utilizadas para estudar a trajectória de difusão de cada uma das três inovações estão expostas no quadro 2. Na coluna 1 está a percentagem acumulada das ceifeiras-debulhadoras existentes, na coluna 2 a percentagem acumulada da área orizícola tratada com herbicidas e na coluna 3 a percentagem acumulada de agricultores que empregaram, pela primeira vez, herbicidas na cava química da vinha em Dois Portos (57). Para as duas primeiras inovações também seria ideal dispor da percentagem acumulada de agricultores (ou empresas agrícolas) que as adoptaram. Como essa informação não existe recorreu-se a indicadores, número de unidades e área, que são usados com frequência no estudo do padrão de difusão da inovação.

A partir das percentagens do quadro 2 estimamos, para cada uma das inovações, três curvas: lognormal, normal e logística. Para estimar as duas primeiras curvas foi usado o modelo cronológico de Davies, expresso nas equações:

$$Z_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln t \quad (\text{curva lognormal}) \quad (24 \text{ a})$$

$$Z_t = \gamma_2 + \gamma_3 t \quad (\text{curva normal}) \quad (24 \text{ b})$$

O ajustamento deste modelo foi efectuado usando o método *probit* e o método dos mínimos quadrados (OLS). Na estimativa dos parâmetros da função logística, equação (1), foram empregues três métodos: OLS, *logit* e mínimos quadrados não linear (LSQ) (58).

(57) O cálculo das percentagens acumuladas, para cada uma das inovações, foi realizado tendo em numerador informação anual sobre as ceifeiras-debulhadoras existentes, a área orizícola tratada com herbicidas e os agricultores que empregaram cava química pela primeira vez, e em denominador o número potencial de ceifeiras-debulhadoras, a área orizícola total e o número potencial de adoptantes. A maior dificuldade que enfrentamos foi o cálculo do número potencial de ceifeiras-debulhadoras. Este valor limite foi calculado conjugando a informação do RAC 1979 (para definir um tecto tecnológico) com a estimativa do parâmetro de saturação da função logística [K da equação (1)].

(58) Foram utilizados os seguintes modelos:

$$\ln \left[\frac{P_t}{(K - P_t)} \right] = b + ct \quad (\text{método de regressão: OLS}) \quad (2)$$

$$\left\{ \ln \left[\frac{P_t}{(K - P_t)} \right] \right\} / 2 + 5 = b' + c't \quad (\text{método de regressão: LOGIT}) \quad (2')$$

No modelo (2') o logaritmo natural é dividido por 2 para se obterem valores semelhantes aos derivados com a conversão das percentagens acumuladas observadas em desvios normais equidistantes. No ajustamento da função logística, pelo método dos mínimos quadrados não linear, o parâmetro de saturação, K, foi fixado previamente.

QUADRO 2

Percentagem acumulada de cefleiras-debulhadoras, área orizícola tratada com herbicidas e agricultores que empregaram herbicidas na cava química da vinha

Anos	Percentagem acumulada de cefleiras-debulhadoras existentes no continente.	Percentagem acumulada de área orizícola tratada com herbicidas no continente.	Percentagem acumulada de agricultores que empregaram, pela 1.ª vez, herbicidas na cava química da vinha em Dols Portos, Torres Vedras.
	(P)	(P)	(P)
	1	2	3
1952.....	0,84		
1953.....	1,33		
1954.....	1,66		
1955.....	2,07		
1956.....	2,41		
1957.....	2,97		
1958.....	5,85		
1959.....	7,20		
1960.....	8,54		
1961.....	9,74		
1962.....	11,76	0,21	
1963.....	14,02	3,69	
1964.....	15,59	9,59	
1965.....	20,11	23,94	
1966.....	22,26	32,67	
1967.....	28,22	49,74	2,21
1968.....	37,91	62,95	8,09
1969.....	46,24	75,36	31,62
1970.....	54,45	85	65,07
1971.....	60,86	90	79,04
1972.....	68	95,23	86,03
1973.....	72,77	100	
1974.....	78,58		
1975.....	82,04		
1976.....	88,45		
1977.....	91,05		
1978.....	93,01		
1979.....	94,90		
1980.....	97,27		

Fontes:

Coluna 1 — *Estatísticas Agrícolas* (vários anos) e *Recenseamento Agrícola do Continente 1973*.

Coluna 2 — Nunes (1976, 1980). Estas duas publicações apresentam valores diferentes para anos comuns. Por isso, admitimos que os valores da última publicação (1970-1979) são os mais fiáveis e, utilizando 1970 como ano base, procedemos à sua compatibilização.

Coluna 3 — Carvalho (1984 a, p. 35).

Os resultados dos ajustamentos efectuados estão expostos no quadro 3 ⁽⁵⁹⁾.

A leitura dos resultados deste quadro permite retirar algumas conclusões. Primeira, todos os coeficientes estimados são estatisticamente significantes ao nível de 1 % e os coeficientes de determinação corrigidos, \bar{R}^2 , são quase sempre elevados. Se tivermos em consideração que as percentagens observadas das três inovações têm a forma de uma sigmóide, como se pode verificar nos gráficos 4, 5 e 6, não é surpreendente que qualquer das curvas ajustadas, que pertencem à família das curvas sigmóides, dê uma descrição razoável da trajectória de difusão da inovação. Segunda, se a escolha da forma algébrica do modelo for feita com base no \bar{R}^2 e no ensaio de Durbin-Watson sobre a existência de autocorrelação, então os ajustamentos efectuados comprovam o raciocínio feito *a priori* sobre o modelo apropriado a cada uma das inovações. A trajectória de difusão das ceifeiras-debulhadoras aproxima-se da curva normal e da logística e a dos herbicidas tem uma forma semelhante à curva lognormal. Terceira, só nos modelos apropriados a cada uma das inovações é que o teste de Durbin-Watson não aponta para a existência de autocorrelação, a um nível de significância de 5 %. Este resultado parece confirmar a correcta especificação desses modelos. Nos gráficos 4, 5 e 6 estão representadas as percentagens estimadas com os modelos apropriados ⁽⁶⁰⁾. Quarta, o teste não paramétrico de Spearman para a detecção de heteroscedasticidade, como refere a nota do quadro 3, indica que em nenhum caso é de rejeitar a hipótese de homoescedasticidade. Logo, o argumento de Dixon (1980, p. 1453), a favor do esquema de ponderações de Berkson para reduzir o grau de heteroscedasticidade, não tem aqui qualquer justificação. Por último, para a mesma curva de difusão, e indiferentemente do método de regressão utilizado, o valor dos parâmetros estimados para os herbicidas empregues na vinha são maiores do que os dos herbicidas empregues no arroz e estes superam os das ceifeiras-debulhadoras. Esta ordem decrescente do valor dos parâmetros espelha a diferente velocidade de difusão de cada uma das inovações.

Estimadas as curvas de difusão é fácil obter intervalos de confiança para cada uma das inovações. A probabilidade de estes intervalos conterem o número efectivo de anos necessários para que a condição esteja satisfeita em determinada percentagem da população é igual a 95 %. O programa computacional usado para o método de regressão *probit/logit* proporciona

⁽⁵⁹⁾ Os coeficientes γ_3 da função normal e c da função logística não são afectados pela escolha do t inicial. O mesmo não acontece com o coeficiente γ_1 da lognormal. Admitimos que o t na origem não era maior do que três e optamos pelo melhor ajustamento.

⁽⁶⁰⁾ A partir das funções de distribuição estimadas podem obter-se as respectivas funções de densidade. Estas não estão representadas graficamente. Rogers (1958) usa a função de densidade normal para categorizar os adoptantes das novas tecnologias consoante o ano de adopção. Como se sabe, a função de densidade normal é simétrica em relação a $t = \hat{\mu}_D$ e os dois pontos de inflexão têm as seguintes abcissas $\hat{\mu}_D \pm \hat{\sigma}_D$. A moda corresponde a frequência teórica

directamente os intervalos de confiança ⁽⁶¹⁾. Assim, é de esperar que entre 3,3 e 4 anos 50 % dos agricultores tenham adoptado herbicidas na cava química da vinha, entre 5,7 e 6 anos a mesma proporção de área orizícola tenha sido tratada com herbicidas e entre 18 e 18,7 anos metade das ceifeiras-debulhadoras tenham sido adoptadas. Se a percentagem acumulada for de 85 % os intervalos de confiança são, respectivamente [5,1-6,3], [8,8-9,5] e [24,2-24,9] anos.

Os intervalos de confiança para as duas primeiras inovações indicam que num curto espaço de tempo uma elevada percentagem de empresas agrícolas passou a utilizar os herbicidas. Esta velocidade de difusão dos novos processos só foi possível porque as explorações agrícolas de menor dimensão seguiram, passados poucos anos, as explorações agrícolas de maior dimensão. O período de difusão para as ceifeiras-debulhadoras foi, pelos motivos já enumerados, muito mais longo.

Mas será que noutros países a velocidade de difusão de inovações semelhantes não é maior? Rogers e Schoemaker (1971, capítulo 3) e Rogers (1961) citam dois estudos sobre a difusão do herbicida 2,4-D empregue no combate às infestantes nos estados de Iowa e Ohio nos Estados Unidos. Em Iowa foram precisos cerca de sete anos e meio para que 80 % dos agricultores adoptassem aquele herbicida, enquanto no segundo estado a mesma percentagem de agricultores adoptou-o em nove anos. Se estes estudos puderem ser generalizados é possível concluir que os agricultores portugueses não demoraram mais tempo a adoptar os herbicidas do que os seus parceiros do outro lado do Atlântico. A diferença está em que nos Estados Unidos a inovação foi vulgarizada quase 20 anos antes. De facto, já em 1947 mais de

acumulada de 50 % e aos pontos de inflexão correspondem as frequências acumuladas de 16 % e 84 %. É com base nesta informação que Rogers admite cinco categorias de adoptantes:

Designação	Ano de adopção (t)	Frequência teórica (percentagem)
Innovators	$t \leq (\hat{\mu}_0 - 2\hat{\sigma}_0)$	2,4
Early adopters	$(\hat{\mu}_0 - 2\hat{\sigma}_0) < t \leq (\hat{\mu}_0 - \hat{\sigma}_0)$	13,6
Early majority	$(\hat{\mu}_0 - \hat{\sigma}_0) < t \leq \hat{\mu}_0$	34
Late majority	$\hat{\mu}_0 \leq t \leq (\hat{\mu}_0 + \hat{\sigma}_0)$	34
Laggards	$t > (\hat{\mu}_0 + \hat{\sigma}_0)$	16

Esta é uma categorização possível entre muitas outras hipóteses. A classificação dos adoptantes em cinco categorias é perfeitamente arbitrária. Como o próprio Rogers (1958, p. 350) reconhece «the five categories used in the present case are an arbitrary number». E depois, não há qualquer justificação teórica para fazer corresponder a cada uma das categorias aquelas percentagens e não outras.

⁽⁶¹⁾ Para mais pormenores v. Finney (1971).

QUADRO 3

Estimativas das curvas de difusão para três inovações utilizando diferentes métodos de regressão

Inovações		Ceifeiras-debulhadoras existentes			Herbicidas empregues na monda química do arroz			Herbicidas empregues na cava química da vinha		
Períodos		1952-1980			1962-1973			1967-1972		
Método de regressão		OLS (*)	Probit/logit	LSQ (*)	OLS	Probit/logit	LSQ (*)	OLS	Probit/logit	LSQ (*)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Curva de difusão normal	$\hat{\gamma}_3$	0,154	0,160		0,414	0,379		0,670	0,642	
	Desvio padrão	0,009	0,001		0,025	0,001		0,062	0,027	
	\bar{R}^2	0,908			0,964			0,959		
	DW	1,835			0,858			1,198		
Curva de difusão lognormal	$\hat{\gamma}_1$	1,366	2,187		2,943	2,943		3,466	3,530	
	Desvio padrão	0,139	0,012		0,070	0,008		0,197	0,153	
	\bar{R}^2	0,772			0,994			0,984		
	DW	(**) 0,127			1,566			2,049		
Curva de difusão logística	\hat{c}	0,289	0,284	0,295	0,776	0,653	0,632	1,163	1,106	1,141
	Desvio padrão	0,011	0,001	0,006	0,074	0,001	0,026	0,114	0,026	0,153
	\bar{R}^2	0,964		0,998	0,917		0,997	0,953		0,980
	DW	1,574		(**) 0,545	(**) 0,936		(*) 1,231	(*) 1,092		(*) 1,300

Fonte: Quadro 2.

(*) O ensaio de Durbin-Watson não é conclusivo a um nível de significância de 5%.

(**) Rejeita-se a hipótese de inexistência de autocorrelação a um nível de significância de 5%.

(¹) Foi usado método MLGRID para processos auto-regressivos de primeira ordem.

(²) Não se pode garantir que as estatísticas sejam assintoticamente válidas.

Nota. — O teste de Spearman para a detecção de heteroscedasticidade, realizado para todos os ajustamentos, sugere que em nenhum caso é de rejeitar a hipótese homoscedasticidade.

GRÁFICO 4

Percentagens observadas e curvas de difusão logística e normal das ceifeiras-debulhadoras existentes no continente no período 1952-1980

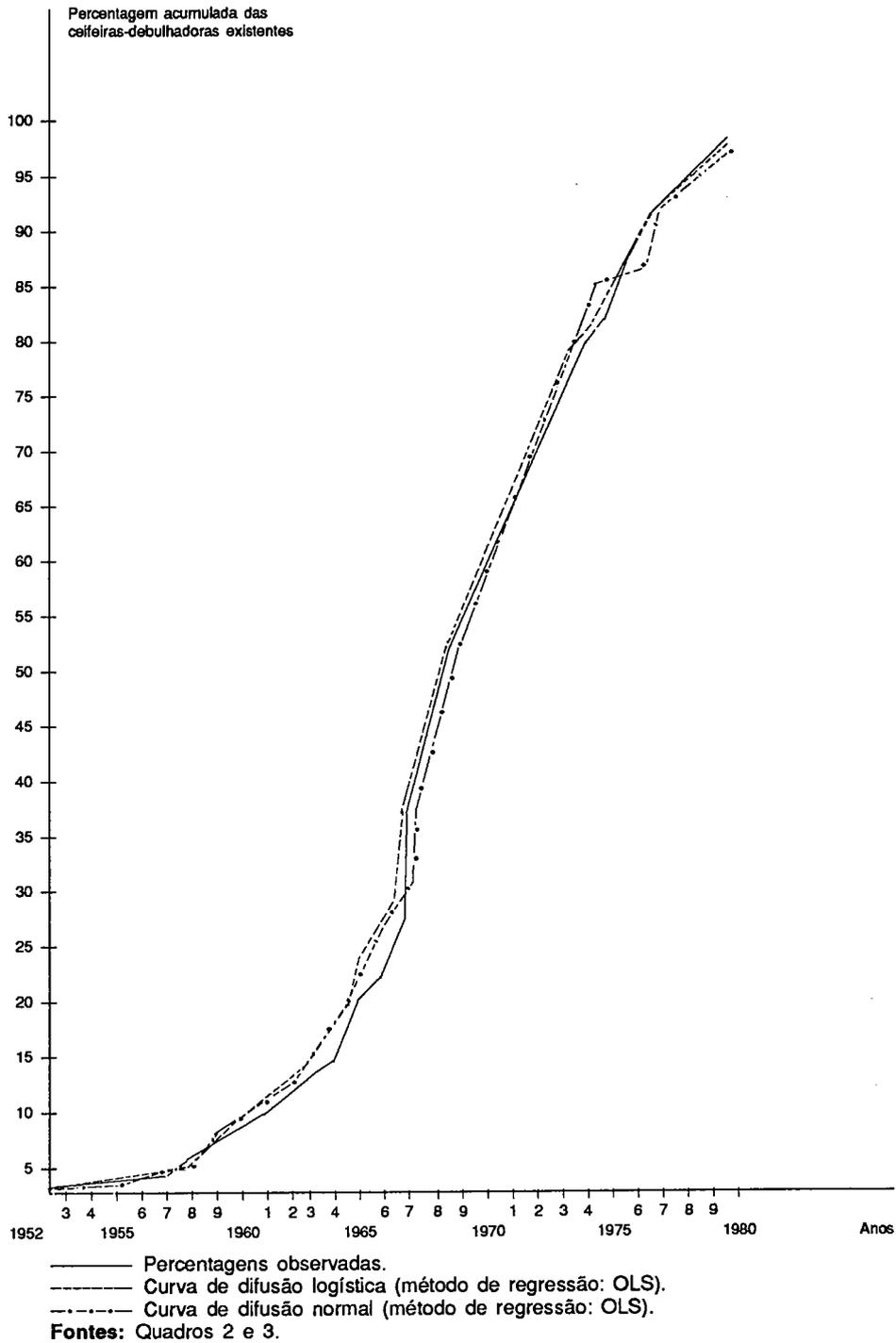
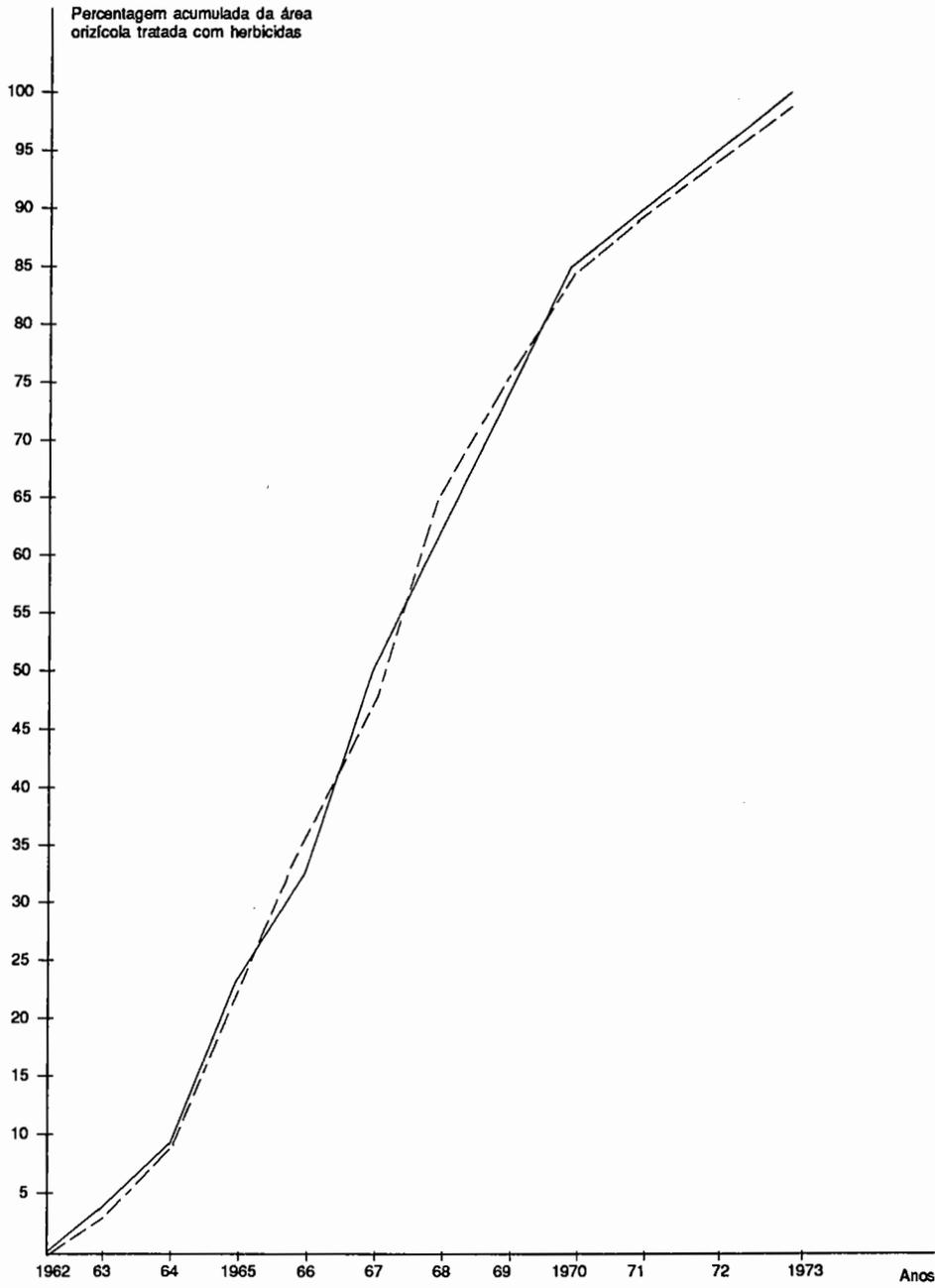


GRÁFICO 5

Percentagens observadas e curva de difusão lognormal da área orizícola tratada com herbicidas no continente no período 1962-1973

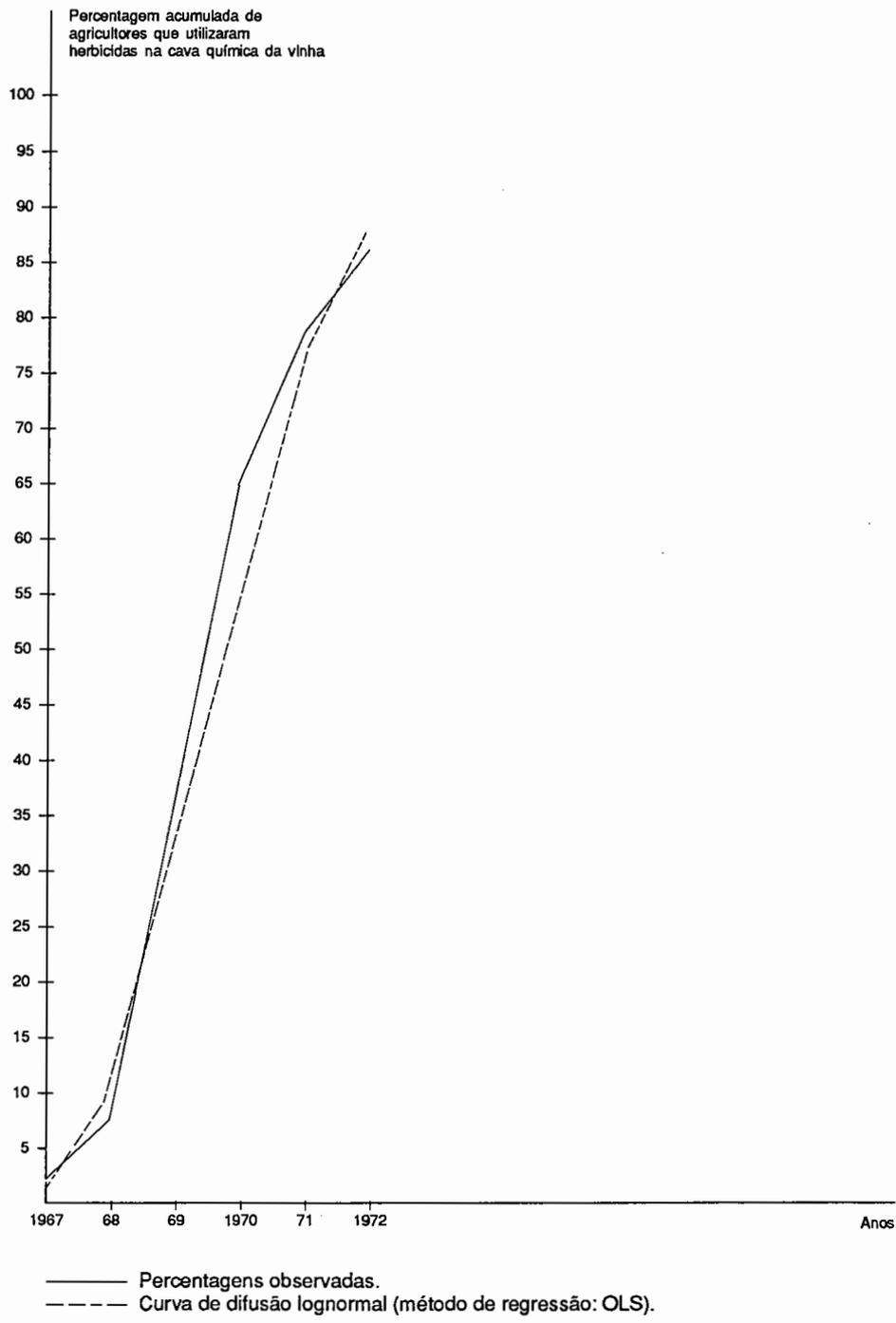


— Percentagens observadas.
- - - Curva de difusão lognormal (método de regressão: OLS).

Fontes: Quadros 2 e 3.

GRÁFICO 6

Percentagens observadas e curva de difusão lognormal dos agricultores que utilizaram herbicidas na cava química da vinha em Dois Portos, Torres Vedras, no período 1967-1972



10 % dos agricultores do estado de Iowa utilizavam o herbicida 2,4-D e em 1955 essa percentagem era de 100 % ⁽⁶²⁾. A falta de informação não permite fazer semelhante comparação para as ceifeiras-debulhadoras.

No modelo cronológico a variável tempo é usada como uma aproximação a variáveis que são difíceis de quantificar. Como se sugeriu, ao longo do tempo, os efeitos de *learning by doing* e os avanços tecnológicos, associados à expansão da indústria produtora de inovações, contribuem para que o custo dos novos métodos de produção seja menor do que o custo dos métodos anteriores, baseados no trabalho manual. Esta alteração dos preços relativos, acentuada com o crescimento dos salários (devido à emigração, a aumentos da produtividade no sector industrial, etc.), leva a que o rendimento esperado com a aceitação da inovação aumente ⁽⁶³⁾. Cresce ainda, ao longo do tempo, a informação acumulada pelos agricultores (o que reduz o risco e a incerteza na adopção) e a pressão competitiva sobre os não adoptantes. A variável t reflecte estas e outras forças que fazem com que a possibilidade de inovar seja maior de ano para ano.

É impossível construir um índice que englobe estas diferentes forças, uma vez que o comportamento dos agricultores é baseado nas suas expectativas, formadas *ex ante*, e a informação estatística regista o que aconteceu, *ex post*. Para além dos problemas de natureza estatística, o comportamento humano tem muito de imprevisível, o que limita o alcance de qualquer modelo de expectativas, seja este mais ou menos complexo. Não obstante estas dificuldades, há duas variáveis, os ganhos estimados com a introdução da inovação (G_t) e a percentagem acumulada da população que a adoptou (P_t), que frequentemente são usadas como factores explicativos da mudança anual do número de adoptantes. Ao apresentar-se, na secção anterior, a controvérsia entre Griliches e Havens e Rogers foi dito que Griliches realçava o papel da primeira variável, enquanto a preferência dos outros dois autores ia para (P_t). Na nossa opinião ambas as variáveis são importantes e concorrem para que a possibilidade de inovar aumente ao longo do tempo. G_t é um indicador da vantagem económica da inovação relativamente às práticas anteriores e P_t é um indicador da informação e experiência acumulada pelos inovadores e primeiros aderentes, que permite a outras vagas de aderentes inovar com menos risco; se a inovação produz uma redução nos custos unitários de produção, à medida que aumenta o número de utilizadores as pressões competitivas sobre os não aderentes também aumenta. A questão está em saber qual a melhor forma algébrica para introduzir estas duas variáveis explicativas.

⁽⁶²⁾ Em Portugal, em 1955, o emprego da substância activa 2,4-D quase se limitava à fase experimental em ensaios de campo. V. Amaro (1980).

⁽⁶³⁾ Ou, o que é o mesmo, a alteração dos preços relativos leva a que o período esperado para recuperação do investimento realizado com a inovação seja menor.

A solução por nós encontrada consiste em adoptar à teoria da difusão o modelo dinâmico de expectativas desenvolvido por Nerlove para estimar as elasticidades de longo prazo da oferta e da procura de produtos agrícolas ⁽⁶⁴⁾. Admitindo que as decisões dos agricultores no ano t são tomadas com base na informação do ano anterior, $t-1$, a forma final do modelo de expectativas é a seguinte:

$$\ln P_t = a_0 + a_1 \ln G_{t-1} + a_2 \ln P_{t-1} + a_3 \ln t \quad (25)$$

onde P_t já foi definida (v. quadro 2) e t representa aqueles factores que não podem ser incorporados directamente no modelo ⁽⁶⁵⁾. O quadro 4 apresenta os ganhos estimados por hectare, G_t , com a introdução das ceifeiras-debulhadoras na ceifa-debulha do trigo (e ou cevada), dos herbicidas na monda química do arroz e na cava química da vinha ⁽⁶⁶⁾. G_t foi obtido pela diferença entre o custo (escudos/hectare) do antigo processo de produção e o custo (escudos/hectare) do novo processo de produção. A diferença calculada foi deflacionada pelo índice agregado dos preços dos *inputs* comprados pelos agricultores, com base em 1963. As fontes estatísticas utilizadas, bem como os métodos empregues no tratamento dos dados, são descritas em apêndice.

Os resultados das colunas 2 e 3 do quadro 4 mostram que a mudança nos métodos de produção proporcionou aos agricultores que introduziram os herbicidas uma grande redução nos custos reais. Mantendo-se tudo o resto igual, estimamos que, para o triénio de 1971-1973, em média, o agricultor que empregou herbicidas na monda química do arroz conseguiu uma redução no custo unitário por hectare de cerca de um quinto relativamente ao custo de produção do seu vizinho que recorreu à monda manual. Além desta vantagem económica, o emprego de herbicidas eliminou o enorme esforço físico despendido pelos assalariados rurais, agricultores e seus familiares na execução das tarefas da cava, da raspa e da monda manual ⁽⁶⁷⁾.

Antes de analisar os resultados da coluna 1 são necessários dois esclarecimentos. A série cronológica dos ganhos por hectare, resultantes da utilização da ceifeira-debulhadora, foi estimada apenas até 1973, embora não houvesse problemas se o ano final fosse 1974 ou 1975. As dificuldades surgem

⁽⁶⁴⁾ Este tipo de modelos é hoje bem conhecido e, por isso, não será aqui discutido. V. Nerlove (1958) e Nerlove e Addison (1958).

⁽⁶⁵⁾ O modelo de expectativas também pode ser apresentado sem a variável tempo, ou seja:

$$\ln P_t = a'_0 + a'_1 \ln G_{t-1} + a'_2 \ln P_{t-1} \quad (25')$$

⁽⁶⁶⁾ Foram utilizados os tempos-padrão de trabalho da ceifa-debulha do trigo. Como estes são semelhantes aos da cevada, os custos de ceifa-debulha desta são idênticos aos estimados para o trigo.

⁽⁶⁷⁾ V. Carvalho (1984 a, pp. 117 e 118).

QUADRO 4

Ganho estimado, por hectare, a preços constantes de 1963, resultante da introdução da ceifeira-debulhadora na ceifa e debulha do trigo (e ou cevada), dos herbicidas na monda química do arroz e dos herbicidas na cava química da vinha.

(Em escudos)

Anos	Ganhos por hectare com as ceifeiras-debulhadoras	Ganhos por hectare com os herbicidas usados na monda do arroz	Ganhos por hectare com os herbicidas usados na vinha
	\bar{G}_t	\bar{G}_t	\bar{G}_t
	1	2	3
1952.....	116		
1953.....	112		
1954.....	102		
1955.....	57		
1956.....	74		
1957.....	113		
1958.....	124		
1959.....	138		
1960.....	151		
1961.....	156		
1962.....	198	16	
1963.....	177	39	
1964.....	207	128	
1965.....	210	208	
1966.....	237	526	
1967.....	250	606	254
1968.....	304	1 063	415
1969.....	347	1 439	917
1970.....	370	1 794	1 089
1971.....	372	1 989	1 437
1972.....	415	2 398	1 943
1973.....	488	2 671	2 154

Coluna 1: G_t = Custos (escudos/hectare) da ceifa manual e da debulha, com debulhadora fixa, do trigo (e ou cevada) no ano t — custo (escudos/hectare) da ceifa-debulha do trigo (e ou cevada) com ceifeira-debulhadora no mesmo ano. Valores a preços constantes de 1963.

Coluna 2: G_t = Custos (escudos/hectare) da monda manual do arroz no período t — custo (escudos/hectare) da monda química do arroz no mesmo período. Valores a preços constantes de 1963.

Coluna 3: G_t = Custos (escudos/hectare) da cava e da raspa manual (com enxada) da vinha no período t — custo (escudos/hectare) da cava química da vinha no mesmo período. Valores a preços constantes de 1963.

Fontes: V. apêndice.

a partir desta data. Uma vez que as ceifeiras-debulhadoras são importadas, não faz muito sentido, para o presente exercício, comparar os custos por hectare entre 1952-1973, período em que a taxa de câmbio efectiva do escudo se manteve muito estável, e 1976-1980, período em que a estabilidade foi abandonada⁽⁶⁸⁾. O segundo esclarecimento prende-se com o facto de o custo

⁽⁶⁸⁾ A desvalorização do escudo em relação ao dólar dever ter contribuído para que o preço de venda ao público das ceifeiras-debulhadoras duplicasse no período 1975-1979.

por hectare com a utilização das ceifeiras-debulhadoras ter sido estimado sem deduzir os subsídios não reembolsáveis que o agricultor pode ter recebido no acto da compra da máquina. Por este motivo, é provável que os ganhos por hectare da coluna 1 estejam subavaliados, em particular, desde 1968 ⁽⁶⁹⁾.

Os ganhos por hectare originados pelo emprego das ceifeiras-debulhadoras na ceifa-debulha do trigo (e ou cevada), embora muito mais baixos do que os das outras duas inovações, não deixam de ser significativos. *Ceteris paribus*, a quebra no custo unitário de produção, motivada pela substituição do velho pelo novo método de produção, foi de aproximadamente um nono, nos últimos três anos ⁽⁷⁰⁾.

A alteração dos preços relativos no período de 1952-1973 também levou a que a área média, a partir da qual passa a ser vantajoso introduzir a ceifeira-debulhadora (S_c), tivesse diminuído substancialmente. Admitindo que esta tecnologia mecânica tem um período de vida de 10 anos e uma utilização anual máxima de 200 horas, estimamos que a variação do seu custo relativamente ao custo do anterior método de produção contribuiu para que a dimensão de aceitação, S_c , tivesse passado de 91 ha no quadriénio de 1952-1955 para 61 ha em 1970-1973 ⁽⁷¹⁾. Em 20 anos, o número de hectares necessário para que se verifique a igualdade entre os custos dos dois processos de produção diminuiu cerca de um terço ⁽⁷²⁾.

No quadro 5 estão os coeficientes estimados com o modelo dinâmico de expectativas, equação (25) ⁽⁷³⁾. Para as ceifeiras-debulhadoras todas as variáveis são estatisticamente significantes a um nível de 2 %. Para os herbicidas empregues na monda química do arroz só a variável tempo é que não é significativa a 2 %. Por este motivo, o modelo foi reestimado excluindo esta variável. O facto de a exclusão de t não baixar o coeficiente de determinação corrigido e não afectar o sinal esperado dos parâmetros das

⁽⁶⁹⁾ O Decreto-Lei n.º 48 168, de 28 de Dezembro de 1967, fomentou a motomecanização das explorações agro-florestais através de maiores facilidades de crédito e a concessão de subsídios não reembolsáveis, que poderiam ir até 20 % do valor da aquisição do equipamento. Para as empresas individuais o subsídio foi limitado a 10 %. O apoio financeiro à motomecanização era assegurado pelo Fundo de Melhoramentos Agrícolas. Infelizmente não há dados detalhados sobre o crédito e subsídios concedidos.

⁽⁷⁰⁾ A quebra no custo unitário seria muito maior se tivéssemos admitido que o velho método de produção assentava em trabalho exclusivamente braçal. Assumimos, porém, que só a ceifa era manual enquanto o transporte dos molhos para o local de debulha era feito com tractor e a debulha se fazia com debulhadora fixa.

⁽⁷¹⁾ S_c foi calculado dividindo o custo anual do novo método de produção pelo custo por hectare do velho método de produção. V. David (1975, capítulo 4).

⁽⁷²⁾ Nos últimos quatro anos da década de 70 a dimensão de aceitação desceu para 53 ha.

⁽⁷³⁾ As seis observações disponíveis para os herbicidas empregues na cava química da vinha não são em número suficiente para estimar o modelo (25).

QUADRO 5

Estimativa dos parâmetros do modelo dinâmico de expectativas para duas inovações: ceifeiras-debulhadoras e herbicidas

		Método de regressão: OLS					
		Ceifeiras-debulhadoras empregues na ceifa-debulha do trigo (e ou cevada) — Período 1952-1973		Herbicidas empregues na monda química do arroz — Período 1962-1973			
		Parâmetros	Estatística-T	Parâmetros	Estatística-T	Parâmetros	Estatística-T
		1	2	3	4	5	6
Ganho estimado G_{t-1} ...	\hat{a}_1	0,500	3,028	0,575	4,459	0,307	6,117
Percentagens acumuladas P_{t-1}	\hat{a}_2	0,463	2,768	0,322	8,476	0,304	6,751
Variável tempo	\hat{a}_3	0,615	2,619	-0,844	*-2,190	(1)	
Coefficiente de determinação corrigido \bar{R}^2		0,994		0,996		0,994	
Teste de Durbin para variáveis desfasadas: D_{70}		1,000		-2,077		-2,683	

(*) Não é significativo a 5 % (teste de duas abas).

(1) Como não se rejeita a hipótese de $\hat{a}_3 = 0$, o modelo de expectativas também foi estimado sem a variável tempo.

Fontes: Quadros 2 e 4.

outras duas variáveis confirma que esta variável era supérflua. O teste de Durbin para as três regressões rejeita a existência de autocorrelação a um nível de significação de 5 %. Os resultados do quadro 5 confirmam as considerações feitas *a priori*. Tanto os ganhos que a introdução da inovação proporcionou como o «efeito recíproco» de Havens e Rogers concorreram para que a possibilidade de inovar aumentasse de ano para ano.

No modelo apresentado, a mudança no custo por hectare dos dois métodos de produção, determinada exogenamente, tem um importante papel na explicação do processo de difusão. Um maior número de agricultores adoptou as novas tecnologias não porque tivesse havido um aumento na procura dos cereais e do vinho, expresso no crescimento do *output*, mas sim porque a sua utilização permitiu reduções substanciais nos custos de

produção ⁽⁷⁴⁾ ⁽⁷⁵⁾. Os novos métodos de produção possibilitaram a saída de activos do sector agrícola, aumentando a produtividade do trabalho. Mas este aumento, contrariamente ao que sucedeu no sector industrial, foi independente do crescimento do *output* ⁽⁷⁶⁾.

III — Conclusões

A aplicação das teorias de difusão da inovação ao estudo de três novos processos de produção usados na agricultura portuguesa permitiu retirar várias conclusões. São aqui sumariadas algumas delas.

1 — A proporção de empresas agrícolas que adoptaram as inovações varia positivamente com a dimensão. Em média, as empresas de maior dimensão aceitaram as novas tecnologias mais rapidamente do que as empresas mais pequenas. A dimensão explica só por si mais de 90 % das diferenças de comportamento das explorações agrícolas perante a adopção da inovação.

O poder explicativo da dimensão, patenteado pelo modelo seccional de difusão, tem diversas causas: *i)* os preços relativos dos factores de produção e dos *inputs* afectam de forma desigual as explorações agrícolas com diferente dimensão e, por isso, a rentabilidade esperada com a introdução da inovação tende a ser maior nas empresas de maior dimensão; *ii)* no caso das ceifeiras-debulhadoras, a indivisibilidade do equipamento (que proporciona economias de escala às empresas melhor dimensionadas) e o elevado investimento inicial

⁽⁷⁴⁾ No sector industrial uma das limitações à realização de todo o potencial do progresso técnico, incorporado nos novos bens de equipamento, está na maquinaria já instalada. O crescimento do *output* gera pressões para a substituição do velho equipamento por maquinaria mais moderna e para a instalação de novas unidades industriais. No caso das inovações agrícolas estudadas o problema não se coloca da mesma forma, uma vez que os velhos métodos de produção assentam, fundamentalmente, no trabalho braçal.

⁽⁷⁵⁾ A produção de trigo e cevada, arroz e vinho no período considerado foi a seguinte (média de cinco anos):

	1951-1955	1956-1960	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980
Trigo e cevada (toneladas)	726,2	695,3	610,8	604,6	676,7	426,5
Arroz (toneladas)	-	-	167,5	163,9	151,0	126,8
Vinho (1000 k)	-	-	1 279,7	978,1	1 015,3	926,3

Fonte: *Estatísticas Agrícolas* (vários anos).

Se excluirmos o último quinquénio, em que houve um decréscimo acentuado da produção, a tendência aponta para a estagnação do *output*.

⁽⁷⁶⁾ V. Marcelino (1990).

são barreiras à sua entrada nas empresas de menor dimensão; *iii*) a melhor formação escolar dos dirigentes das explorações agrícolas com maior dimensão permite-lhes ter acesso, em primeiro lugar, à informação fornecida pelas revistas e jornais da especialidade e dá-lhes maior capacidade para perceber e interpretar a informação proveniente destas e de outras fontes e para aplicar esta nova informação nas suas empresas; *iv*) as grandes explorações agrícolas, porque são o maior mercado potencial para as novas tecnologias, são as primeiras a serem contactadas pelas empresas fornecedoras da inovação.

2 — A análise das trajectórias de difusão dos herbicidas mostra que, num curto espaço de tempo, uma elevada percentagem de agricultores passou a empregar esta tecnologia biológica e química. A velocidade de difusão dos novos processos só foi possível porque as explorações agrícolas de menor dimensão seguiram, passados poucos anos, as empresas de maior dimensão. É curioso assinalar que os agricultores portugueses não devem ter demorado mais tempo a adoptar os herbicidas do que os seus congéneres dos Estados Unidos. A diferença está em que neste país se generalizou a adopção destes novos processos 20 anos antes.

O período de difusão das ceifeiras-debulhadoras foi, por motivos a enumerar no ponto seguinte, muito mais longo.

3 — Atendendo a que as trajectórias observadas das três inovações tem a forma de uma sigmóide, não é surpreendente que qualquer das curvas ajustadas (normal, logística e lognormal), que pertencem à família das curvas sigmóides, dê uma descrição razoável da trajectória de difusão da inovação. Porém, se a escolha da forma algébrica do modelo for feita com base no coeficiente de determinação corrigido e no ensaio de Durbin-Watson sobre a existência de autocorrelação, então a trajectória de difusão das ceifeiras-debulhadoras aproxima-se da curva normal e da logística e a dos herbicidas tem uma forma semelhante à curva lognormal.

As razões pelas quais estas funções de distribuição são os modelos apropriados ao padrão de difusão de cada uma das inovações são as seguintes. As ceifeiras-debulhadoras são um tipo de inovação que é tecnologicamente complexo (os efeitos de *learning by doing* no seu fabrico e uso são mais significativos no longo prazo), é indivisível, exige um grande investimento e não pode ser empregue a título experimental. Tudo isto são razões que retardaram, na fase inicial, a difusão desta tecnologia mecânica. A divisibilidade dos herbicidas, a sua fácil experimentação em pequenas áreas, o seu baixo custo e o facto de os efeitos de *learning by doing* na sua aplicação se esgotarem num curto período de tempo (a tecnologia é mais simples) contribuiram para que esta inovação fosse aceite mais rapidamente nos primeiros anos.

4 — Os agricultores que substituíram a monda, cava, raspa e ceifa manual pelos novos processos de produção beneficiaram de reduções significativas nos custos reais de produção. Estas novas tecnologias também eliminaram o enorme esforço físico despendido naquelas actividades.

A variação do preço das ceifeiras-debulhadoras relativamente ao preço do velho método de produção contribuiu para que a dimensão de aceitação desta inovação, a área a partir da qual passa a ser vantajoso introduzir a inovação, tivesse diminuído cerca de um terço.

A incerteza do comportamento humano nas decisões que afectam o futuro limita o alcance de qualquer modelo de expectativas. Apesar de se reconhecer esta e outras dificuldades, adaptamos à teoria da difusão um modelo dinâmico de expectativas em que a possibilidade de inovar no ano t é função: a) dos ganhos estimados com a introdução da inovação no ano anterior, $t - 1$; b) da informação e experiência acumulada pelos inovadores e primeiros aderentes no ano $t - 1$ (as quais geram pressões competitivas sobre os não utilizadores e permitem que a adopção da inovação se faça com menos riscos). Os resultados do modelo estimado mostram que tanto os ganhos que a introdução da inovação proporcionou como a experiência acumulada concorreram para que a possibilidade de inovar aumentasse de ano para ano.

A importância dos preços relativos na explicação do processo de difusão e adopção das inovações estudadas está em oposição com a ideia muito vulgarizada de que os agricultores portugueses estiveram, nos últimos 20 ou 30 anos, virados para si mesmos e, por isso, eram imunes a alterações nos preços relativos e a mudanças técnicas.

APÉNDICE

Tempos padrão de trabalho e preços

1 — Para a cultura do trigo:

1.1 — Ceifa manual, transporte dos molhos para a debulhadora fixa com tractor e debulha:

Tracção/hectare — 1,8 horas de tractor (com aproximadamente 50 cv e atrelado de 3500 kg) e 0,8 hora de debulhadora fixa;

Mão-de-obra/hectare — 3 homens/dia e 10 mulheres/dia;

Fontes: Cary (1968 e 1973) e Barros e Cascais (1956).

1.2 — Ceifa-debulha com ceifeira-debulhadora:

Tracção/hectare — 1,65 horas de ceifeira-debulhadora (automotriz, de rodas, com cerca de 80 cv e entre 2,5 a 3 m de barra de corte);

Mão-de-obra/hectare — 3,3 horas.

Fontes: Cary (1968 e 1973).

1.3 — Custo do equipamento, salários e deflacionador:

Custo do equipamento — o custo total de utilização do equipamento por hectare (depreciação+reparações+condutor+combustível+outros encargos fixos) foi obtido com base nos trabalhos do engenheiro Arnaut Mendonça (realizados, primeiro, na Estação de Cultura Mecânica e, posteriormente, na Direcção de Serviços de Mecanização Agrária) e em informação directa deste e do engenheiro Bernardes Carneiro, da mesma Direcção de Serviços. Para os anos em que não existia informação, particularmente antes de 1969, utilizámos as Estatísticas do Comércio Externo para obter o custo total do equipamento importado, e a partir deste estimamos o custo anual por hectare. Sempre que possível, os resultados assim obtidos foram comparados com os de outras fontes.

Fontes: Mendonça (vários anos), *Estatísticas do Comércio Externo* (vários anos), *Estatísticas Agrícolas* (vários anos) e Costa (1965);

Salários — as fontes de informação para os salários dos homens e mulheres foram o *Boletim Mensal de Estatística* (vários meses), as *Estatísticas Agrícolas* (vários anos) e Marcelino (1982);

Deflacionador — para deflacionador do custo por hectare do novo e velho método de produção foi usado o índice agregado dos preços dos bens comprados pelos agricultores. Este índice inclui os seguintes itens: fertilizantes, produtos fitofarmacêuticos, combustíveis, alimentos compostos para animais e investimento agrícola.

Fonte: Marcelino (1982).

2 — Para a cultura do arroz:

2.1 — Monda manual:

Mão-de-obra/hectare — 10 homens/dia e 70 mulheres/dia.

Fonte: Castro (1950).

2.2 — Monda química:

Mão-de-obra/hectare — 1 homem/dia e 1 mulher/dia. Tarefa executada com atomizador de dorso.

Fonte: Cary (1973).

2.3 — Custo do herbicida, salários e deflacionador:

Custo do herbicida — o custo do herbicida por hectare, empregue na monda química do arroz, foi estimado a partir dos estudos de Nunes (1976, 1980) com a correcção referida no quadro 2.

Salários e deflacionador — igual a 1.3.

3 — Para a cultura da vinha (1)

3.1 — Cava e raspa manual:

Mão-de-obra/hectare — 40 homens/dia; tarefa executada com enxada.

Fontes: Carvalho (1984 b) e Miranda (1954).

3.2 — Cava química:

Mão-de-obra/hectare — 1 homem/dia e 1 mulher/dia; atomizador de dorso.

Fontes: Carvalho (1984 b) e Cary (1973).

3.3 — Custo do herbicida, salários e deflacionador:

Custo do herbicida — a fonte foi Carvalho (1984 b) e Nunes (1976, 1980).

Salários e deflacionador — igual a 1.3 e ainda Carvalho (1984 b).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AITCHISON, J., and BROWN, J. A. C., *The Lognormal Distribution*, Cambridge University Press, Cambridge, 1957.
- AMARO, Pedro, «O início da utilização e a evolução do consumo de herbicidas em Portugal», *III Simpósio Nacional de Herbologia*, vol. 3, pp. 245–270, Oeiras, 1980.
- AMEMIYA, Takeshi, «Qualitative response models: A survey», *Journal of Economic Literature*, vol. xix, pp. 1483–1536, 1981.
- ARROW, Kenneth J., «The economic implications of learning by doing», *Review of Economic Studies*, vol. 29, pp. 155–173, 1962.
- BABCOCK, Jarvis M., «Adoption of hybrid corn: A comment», *Rural Sociology*, vol. 25, pp. 332–338, 1962.
- BARROS, H. de, e CASCAIS, M., *A Cultura Arvensa no Concelho de Beja*, Federação Nacional dos Produtores de Trigo, Lisboa, 1956.
- BERKSON, Joseph, «Tables for use in estimating the normal distribution function by normal analysis», *Biometrika*, vol. 44, pp. 411–435, 1957.
- BRANDNER, L., and STRAUS, M., «Congruence versus profitability in the diffusion of hybrid sorghum», *Rural Sociology*, vol. 25, pp. 381–383, 1959.
- CARVALHO, Agostinho de, *Os Pequenos e Médios Agricultores e a Política Agrária no Período 1960–1975*, Centro de Estudos de Economia Agrária, Oeiras, 1984 a.
- — *Os Pequenos e Médios Agricultores e a Política Agrária no Período 1960–1975*, «Anexos», Centro de Estudos de Economia Agrária, Oeiras, 1984 b.
- CARY, Francisco C., *Tempos-Padrões de Trabalho para a Cultura Arvensa de Sequeiro no Alto Alentejo*, Centro de Estudos de Economia Agrária, Lisboa, 1968.

(1) A fonte de informação para a área da vinha no continente tratada com herbicidas foi Nunes (1976, 1980).

- — *Tempos-Padrão de Trabalho para as Principais Culturas de Lezíria do Ribatejo*, Centro de Estudos de Economia Agrária, Oeiras, 1973.
- CASTRO, Albano P. de, *O Custo de Produção do Arroz no Concelho de Coruche em 1949*, Instituto Superior de Agronomia (relatório final do curso), Lisboa, 1950.
- CORDOVIL, Francisco C., *Estrutura das Explorações Agrícolas*, Centro de Estudos de Economia Agrária, Oeiras, 1979.
- COSTA, Nuno N. da, *Evolução dos Preços de Máquinas e Materiais Utilizados na Agricultura: 1958–1962*, Federação Nacional dos Produtores de Trigo, Lisboa, 1965.
- CRAMER, J. S., *Econometria Empírica*, Fundo de Cultura Económica, México, 1973; ed. original na North-Holland, 1969.
- DAVID, Paul A., *Technical Choice Innovation and Economic Growth*, Cambridge University Press, Cambridge, 1975.
- DAVIES, Stephen, *The Diffusion of Process Innovations*, Cambridge University Press, Cambridge, 1979.
- DIXON, Robert, «Hybrid corn revisited», *Econometrica*, vol. 48, pp. 1451–1461, 1980.
- FINNEY, D. J., *Probit Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge (3.^a ed.), 1971.
- GRILICHES, Zvi, «Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change», *Econometrica*, vol. 25, pp. 501–522, 1957.
- — «Hybrid corn and the economics of innovation», in *Economics of Technological Change*, ed. de Natham Rosenberg, Penguin, Harmondsworth, 1971; ed. original, na *Science*, 1960 a.
- — «Congruence versus profitability: A false dichotomy», *Rural Sociology*, vol. 25, pp. 354–356, 1960 b.
- — «Profitability versus interaction: Another false dichotomy», *Rural Sociology*, vol. 27, pp. 327–330, 1962.
- HAVENS, A. E., e ROGERS, E. M., «Adoption of hybrid corn: Profitability and the interaction effect», *Rural Sociology*, vol. 26, pp. 409–414, 1961.
- — «Rejoinder to Griliches: Another false dichotomy», *Rural Sociology*, vol. 27, pp. 330–332, 1962.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA: *Estatísticas Agrícolas* (vários anos); *Estatísticas do Comércio Externo* (vários anos); *Boletim Mensal de Estatística* (vários meses); *Inquérito às Explorações Agrícolas do Continente 1952–1954 e 1968*; e *Recenseamento Agrícola do Continente 1979*.
- JOHNSON, N., e KOTZ, S., *Continuous Univariate Distributions*, vols. 1 e 2, Houghton Mifflin, Boston, 1970.
- MANSFIELD, Edwin, «Technical change and the rate of imitation», in *Economics of Technological Change*, ed. de Nathan Rosenberg, Penguin, Harmondsworth, 1971; ed. original, na *Econometrica*, 1961.
- — «The speed of response of firms to new techniques», *The Quarterly Journal of Economics*, vol. LXXVII, pp. 290–311, 1963 a.
- — «Intrafirm rates of diffusion of an innovation», *Review of Economics and Statistics*, vol. XLV, pp. 348–359, 1963 b.
- MARCELINO, Armindo, *Terms of Trade Between Agriculture and No-Agricultural Activities: The Case of Portugal*, Institute of Social Studies, The Hague, 1982.
- — «Lei de Verdoorn, custos unitários e preços na indústria transformadora portuguesa: 1959–1974», *Revista de Estudos de Economia*, vol. 10, n.º 4, 1990.
- MENDONÇA, E. Amaut, «Análise dos encargos com a utilização das máquinas agrícolas»; *Estação de Cultura Mecânica/Direcção dos Serviços de Mecanização Agrária*, Lisboa (vários anos).
- MIRANDA, Francisco G., *O Custo de Produção do Vinho no Concelho de Leiria e Contribuição para o Estudo da sua Actualização*, Instituto Superior de Agronomia (relatório final do curso), Lisboa, 1954.
- NERLOVE, Marc, «Distributed lags and estimation of long-run supply and demand elasticities: Theoretical considerations», *Journal of Farm Economics*, vol. 40, pp. 301–311, 1958.
- NERLOVE, M., e ADDISON, W., «Statistical estimation of long-run elasticities of supply and demand», *Journal of Farm Economics*, vol. 40, pp. 861–880, 1958.

- NUNES, J. Chaby, «A evolução das vendas de herbicidas em Portugal», *II Simpósio Nacional de Herbologia*, vol. II, pp. 103-133, 1976.
- — «A evolução das vendas de herbicidas em Portugal», trabalho dactilografado, 38 pp., apresentado no III Simpósio Nacional de Herbologia, Oeiras, 1980.
- OLIVER, F. R., «Methods of estimating the logistic growth function»; *Applied Statistics*, vol. XII, pp. 57-66, 1964.
- ROGERS, Everett, M., «Categorizing the adopters of agricultural practices», *Rural Sociology*, vol. 23, pp. 345-354, 1958.
- — «The adoption period», *Rural Sociology*, vol. 26, pp. 77-82, 1961.
- ROGERS, E. M., e SCHOEMAKER, F. F., *Communication of Innovations*; Free Press, Nova Iorque, 1971.
- RYAN, B., e GROSS, N. C., «The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities», *Rural Sociology*, vol. 8, pp. 15-24, 1943.
- SCHULTZ, Theodore W., *Modernización de la Agricultura*, Aguilar, Madrid, 1968; ed. original, na Yale University Press, 1964.