

# Capítulo 12

## Progresso tecnológico e crescimento

---

Prof. Luciano Nakabashi



# Progresso tecnológico e taxa de crescimento

- O progresso tecnológico tem várias dimensões. Pode levar a:
  - Maiores quantidades de produto.
  - Produtos melhores.
  - Produtos novos.
  - Maior variedade de produtos.
- O progresso tecnológico leva a aumentos do produto para dadas quantidades de capital e trabalho.

# Progresso tecnológico e a função de produção

- Vamos representar a produtividade por  $A$  e reescrever a função de produção como:

$$(12.1) \quad Y = F(K, N, A)$$

- Uma forma mais restrita, porém conveniente, é:

$$(12.2) \quad Y = F(K, AN)$$

- O produto depende tanto do capital quanto do trabalho ( $K$  e  $N$ ), e da produtividade ( $A$ ).
- A produtividade reduz o número de trabalhadores necessário para se obter dado montante de produto.
- A produtividade (progresso tecnológico) aumenta  $AN$ , que pode ser considerado como o montante de trabalho efetivo, ou trabalho em 'unidades de eficiência' ou 'unidades efetivas de trabalho', na economia.

# Progresso tecnológico e a função de produção

- Com retornos constantes de escala:

$$(12.3) \quad 2Y = F(2K, 2NA)$$

- De modo mais geral,

$$(12.4) \quad xY = F(xK, xAN)$$

- A relação entre produto por trabalhador efetivo e capital por trabalhador efetivo é:

$$(12.5) \quad \hat{y} = \frac{Y}{AN} = F\left(\frac{K}{AN}, 1\right) = f\left(\frac{K}{AN}\right)$$

- Que pode ser redefinida como:

$$(12.6) \quad \hat{y} = f\left(\frac{K}{AN}\right) = f(\hat{k})$$

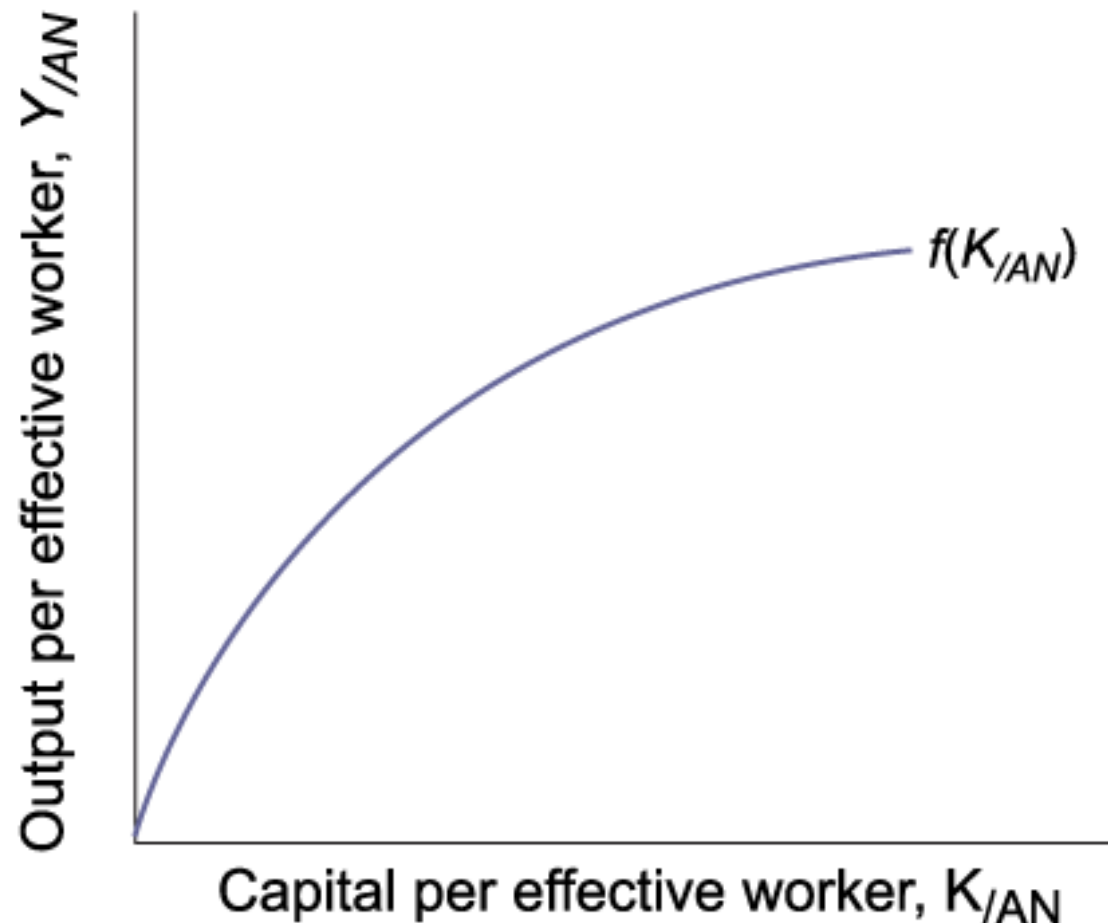
- Em palavras: o produto por trabalhador efetivo é uma função do capital por trabalhador efetivo.

# Progresso tecnológico e a função de produção

- Figura 12.1

- *Produto por trabalhador efetivo versus capital por trabalhador efetivo*

Em decorrência dos rendimentos decrescentes do capital, os aumentos do capital por trabalhador efetivo levam a aumentos cada vez menores do produto por trabalhador efetivo.



# Interações entre produto e capital

- A função de movimento do capital físico é dada por:

$$(12.7) \quad \frac{dK}{dt} = \dot{K} = sY - \delta K$$

- Podemos representar o estoque de capital em unidades efetivas de trabalho:

$$(12.8) \quad \hat{k} = K/AN \quad \Rightarrow \quad \ln \hat{k} = \ln(K) - \ln(A) - \ln(N)$$

- Derivando os dois lados de (12.8) pelo tempo:

$$(12.9) \quad \frac{1}{\hat{k}} \dot{\hat{k}} = \frac{1}{K} \dot{K} - \frac{1}{A} \dot{A} - \frac{1}{N} \dot{N} \quad \Rightarrow \quad \frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{N}}{N}$$

- Considerando:

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} \quad \text{e} \quad g_N = \frac{\dot{N}}{N}$$

- Podemos representar (12.9) como:

$$(12.10) \quad \frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = \frac{\dot{K}}{K} - (g_A + g_N)$$

# Interações entre produto e capital

- Utilizando (12.7) em (12.10):

$$(12.11) \quad \frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = s \frac{Y}{K} - \delta - (g_A + g_N)$$

- Multiplicando os dois lados de (12.11) por  $\hat{k}$ :

$$(12.12) \quad \dot{\hat{k}} = s \frac{Y}{K} \hat{k} - (g_A + g_N + \delta) \hat{k} \Rightarrow \dot{\hat{k}} = s \frac{Y}{K} \frac{K}{AN} - (g_A + g_N + \delta) \hat{k}$$

- Então:

$$(12.13) \quad \dot{\hat{k}} = s \hat{y} - (g_A + g_N + \delta) \hat{k}$$

- **No estado estacionário,  $\dot{\hat{k}} = 0$** , de tal forma que:

$$(12.14) \quad s \hat{y} = (g_A + g_N + \delta) \hat{k} \Rightarrow sf \left( \frac{K}{AN} \right) = \frac{I}{AN} = (g_A + g_N + \delta) \frac{K}{AN}$$

- Multiplicando os dois lados de (12.14) por  $AN$ :

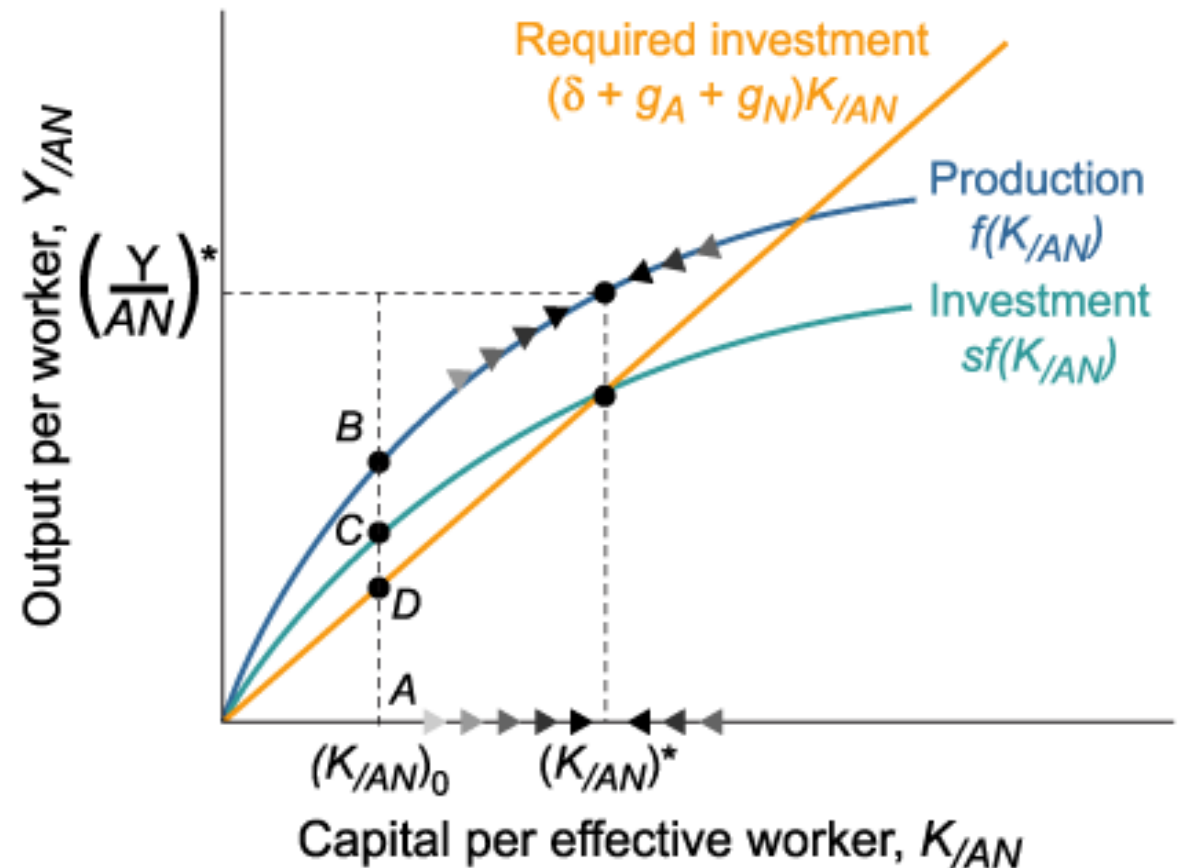
$$(12.15) \quad I = (g_A + g_N + \delta) K$$

# Progresso tecnológico e a função de produção

- Figura 12.2

- *Dinâmica do capital por trabalhador efetivo e do produto por trabalhador efetivo*

- O produto por trabalhador efetivo aumenta com o capital por trabalhador efetivo, mas a uma taxa decrescente.
- O capital por trabalhador efetivo e o produto por trabalhador efetivo convergem para valores constantes no longo prazo.





# Dinâmica do capital e do produto

- Agora podemos fazer uma descrição gráfica da dinâmica do capital por trabalhador efetivo e do produto por trabalhador efetivo:
  1. Partindo de  $(K/AN)_0$ , como o investimento efetivo supera o nível de investimento necessário para manter o nível existente de capital por trabalhador efetivo,  $K/AN$  aumenta.
  2. Partindo de  $(K/AN)_0$ , a economia se move para a direita, com o nível de capital por trabalhador efetivo aumentando ao longo do tempo.
  3. No longo prazo, o capital por trabalhador efetivo atinge um nível constante, o mesmo ocorrendo com o produto por trabalhador efetivo.
  4. Isso implica que o produto ( $Y$ ) cresce à mesma taxa que o trabalho efetivo ( $AN$ ).

## Dinâmica do capital e do produto

- No estado estacionário, o produto ( $Y$ ) cresce à mesma taxa que o trabalho efetivo ( $AN$ ); o trabalho efetivo cresce a uma taxa  $(g_A + g_N)$ ; portanto, o crescimento do produto no estado de crescimento equilibrado é igual a  $(g_A + g_N)$ .
- O capital por trabalhador efetivo também cresce a uma taxa igual a  $(g_A + g_N)$ .
- A taxa de crescimento do produto é independente da taxa de poupança.
- Como o produto, o capital e o trabalho efetivo crescem todos à mesma taxa,  $(g_A + g_N)$ , o estado estacionário dessa economia é também chamado de crescimento balanceado.

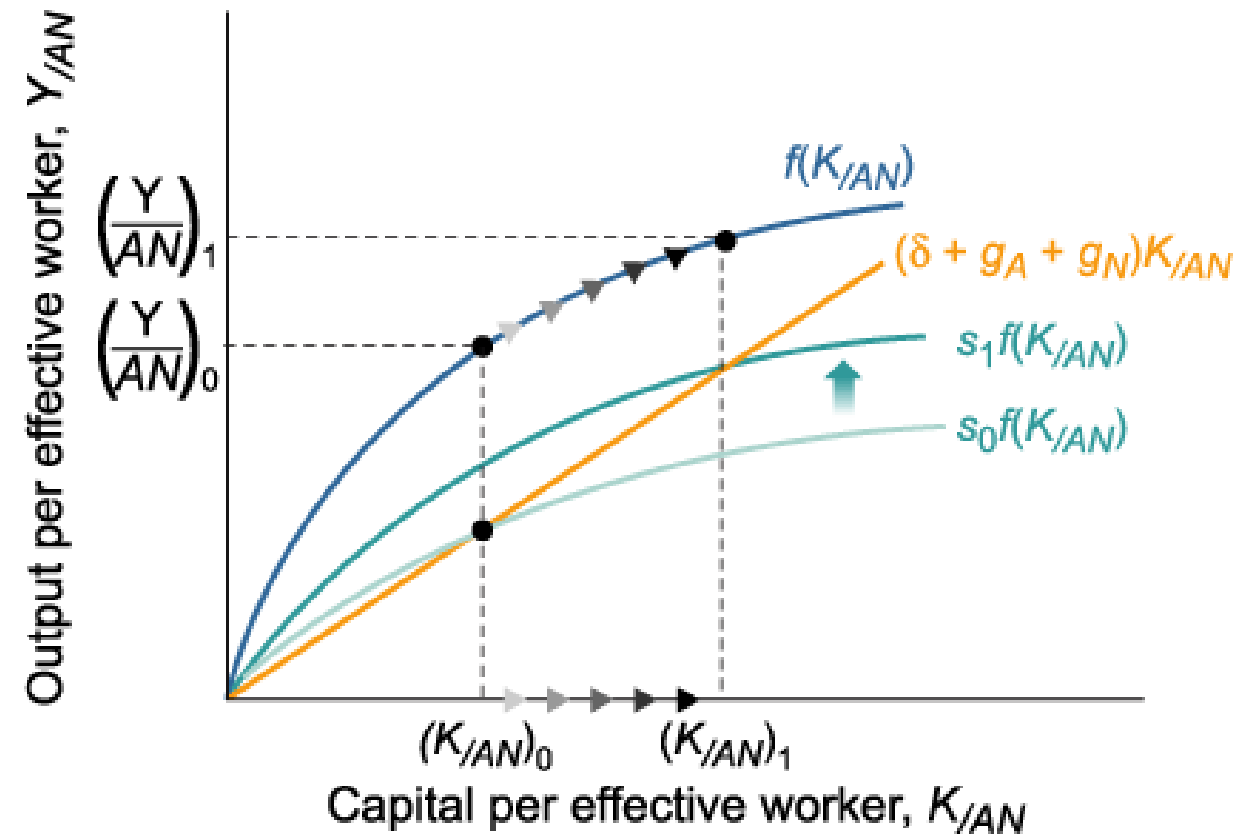
# Dinâmica do capital e do produto

**Tabela 12.1** Características do crescimento equilibrado

	Taxa de crescimento de
1. Capital por trabalhador efetivo	0
2. Produto por trabalhador efetivo	0
3. Capital por trabalhador	$g_A$
4. Produto por trabalhador	$g_A$
5. Trabalho	$g_N$
6. Capital	$g_A + g_N$
7. Produto	$g_A + g_N$

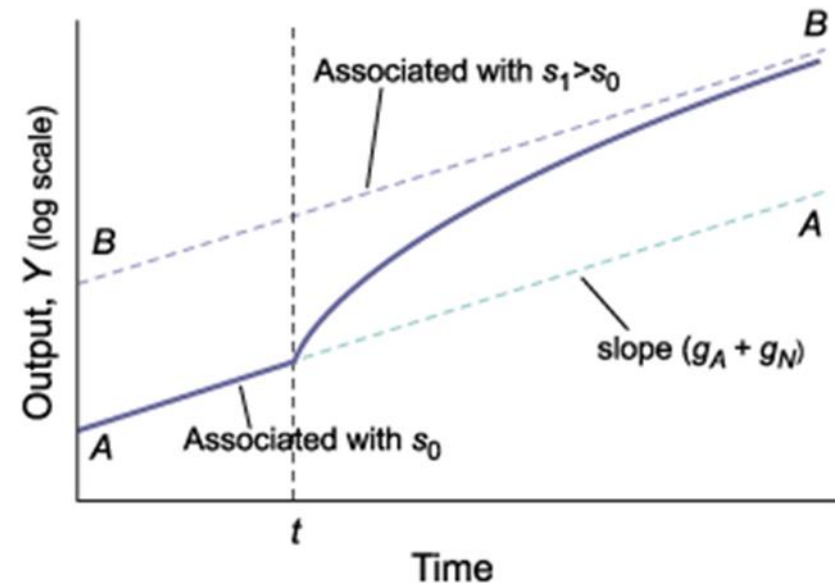
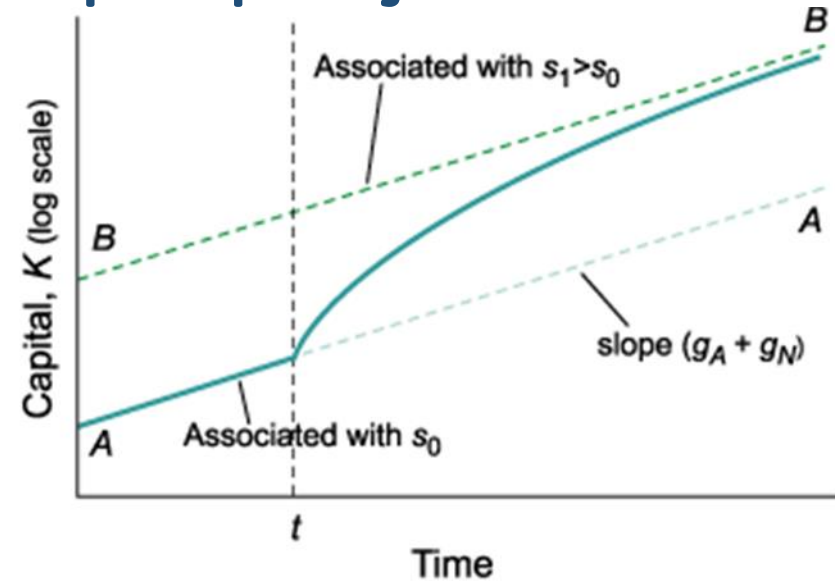
# Os efeitos da taxa de poupança

- Figura 12.3
- **Efeitos de um aumento da taxa de poupança**
- Um aumento da taxa de poupança leva a um aumento dos níveis de produto por trabalhador efetivo e de capital por trabalhador efetivo no estado estacionário.



# Os efeitos da taxa de poupança

- Figura 12.3
- *Efeitos de um aumento da taxa de poupança*
- O aumento da taxa de poupança leva a um crescimento maior até que a economia alcance sua nova trajetória de crescimento balanceado (novo estado estacionário) mais elevada.



# Determinantes do progresso tecnológico

- O progresso tecnológico nas economias modernas é resultado das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das empresas. O resultado da P&D é, fundamentalmente, constituído de ideias. Os gastos com P&D dependem:
  1. Da fertilidade do processo de pesquisa, ou como os gastos com P&D se traduzem em novas ideias e novos produtos.
  2. Da apropriabilidade dos resultados de pesquisa, ou a extensão em que as empresas se beneficiam dos resultados dos gastos em P&D.
- O motivo pelo qual as empresas gastam com P&D é o mesmo porque compram novas máquinas e constroem fábricas: para aumentar os lucros.

# Fertilidade do processo de pesquisa

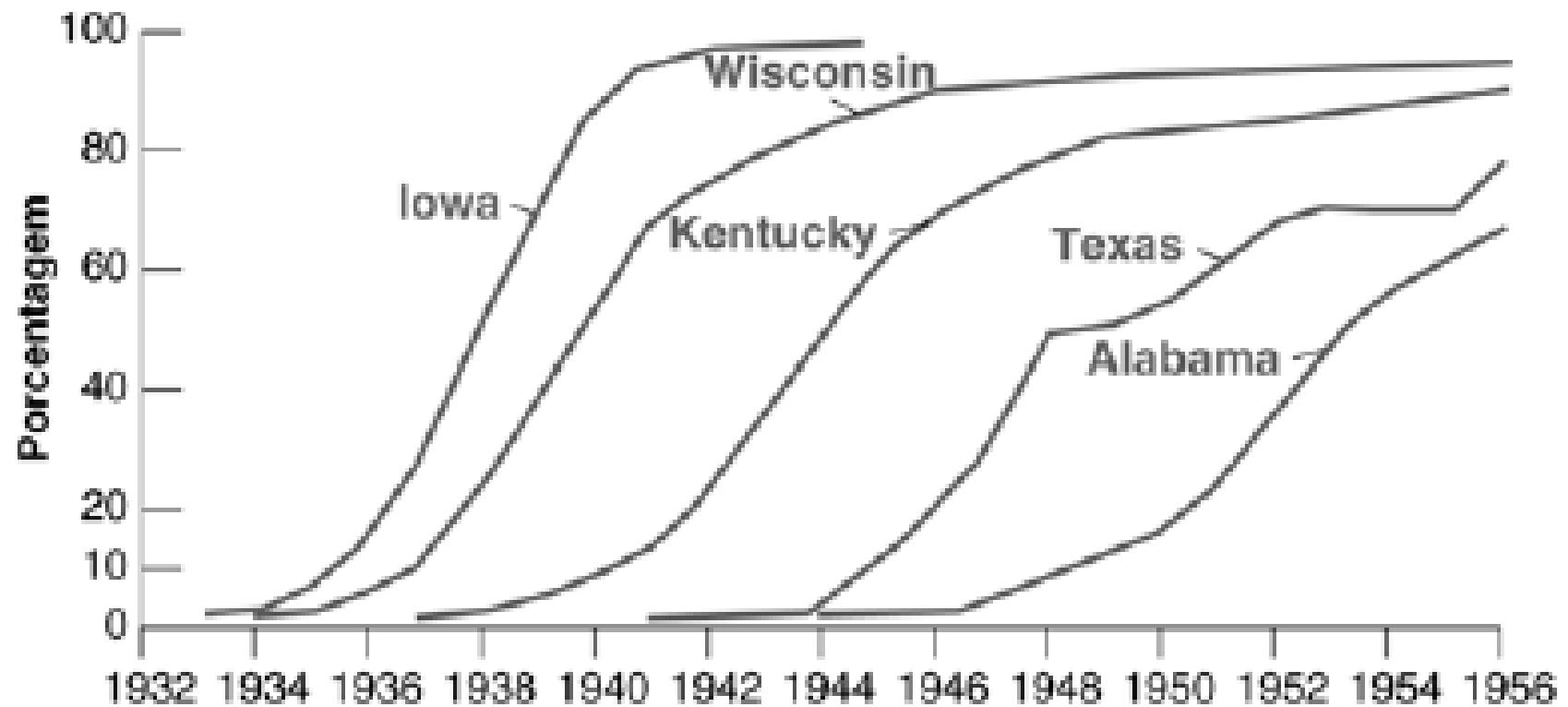
- Uma maior fertilidade da pesquisa significa que o mesmo montante de gastos em P&D levam a uma maior criação de novos produtos. Os determinantes da fertilidade incluem:
  1. A interação entre pesquisa básica (busca de princípios gerais e resultados) e pesquisa e desenvolvimento aplicados (a aplicação desses resultados a usos específicos).
  2. O país. Alguns países são mais bem-sucedidos na pesquisa básica; outros, em pesquisa e desenvolvimento aplicados.
  3. Tempo. São necessários muitos anos e, frequentemente, muitas décadas, para que o potencial pleno das grandes descobertas seja percebido.

# Apropriabilidade dos resultados de pesquisa

- Se as empresas não puderem se apropriar dos lucros do desenvolvimento de novos produtos, elas não se dedicarão aos esforços de P&D. Muitos fatores estão em jogo aqui:
  1. A natureza do processo de pesquisa. Existem ganhos em ser o primeiro a desenvolver um novo produto? Por exemplo, se houver um consenso de que a descoberta de um produto por uma empresa levará rapidamente à descoberta de um produto ainda melhor por outra empresa, elas não se dedicarão muito a atividades de P&D.
  2. Proteção legal. As patentes dão a uma empresa que descobriu um novo produto o direito de excluir qualquer um da produção ou da utilização do novo produto por algum tempo.



**Figura 1** Porcentagem da área total plantada de milho com sementes híbridas, estados selecionados dos Estados Unidos, 1932-1956



# Gestão, inovação e imitação

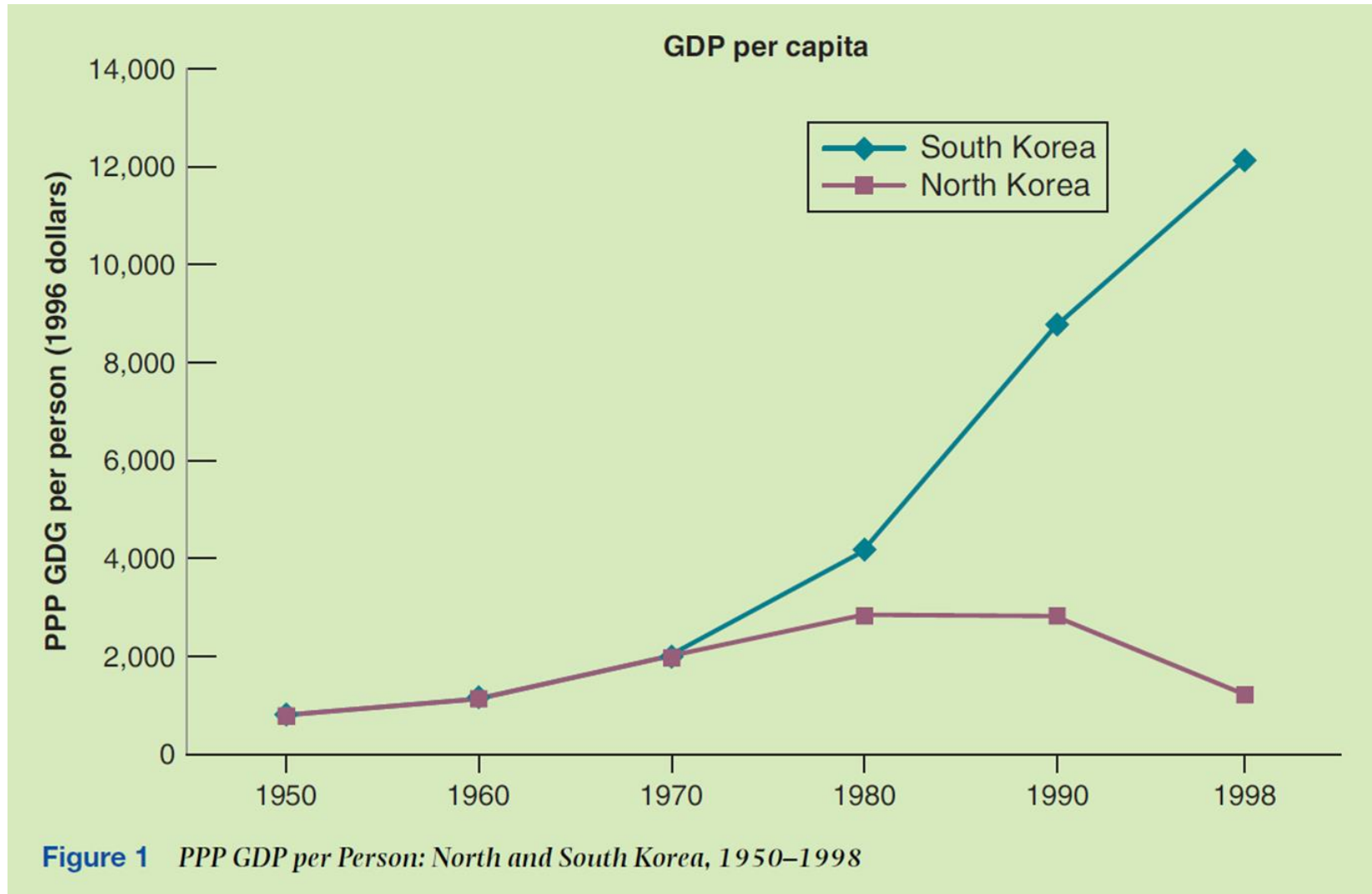
- Uma boa gestão faz uma diferença substancial à produtividade das empresas.
- Para sustentar o crescimento, os países avançados, ou seja, aqueles que se encontram na **fronteira tecnológica**, devem inovar. Isso exige gastos substanciais em P&D.
- Os países que estão mais distantes da fronteira tecnológica, podem crescer através do processo de imitação de tecnologia, ou seja, por meio da importação e adaptação de tecnologias existentes.
- Países como Japão e Coreia do Sul adotaram essa estratégia quando eram mais pobres. A China tem adotado esse tipo de estratégia, apesar de ser um país que já contribuiu com inovações.

# Instituições, progresso tecnológico e crescimento

- O que impede um país simplesmente adotar grande parte da tecnologia disponível em outros países?
- Pode-se pensar em inúmeros respostas, que vão desde a geografia e o clima até sua cultura.
- A maioria dos economistas acredita, contudo, que a qualidade das instituições possui papel fundamental nessa explicação.
- Quais instituições os economistas têm em mente? Em um nível amplo, a proteção aos direitos de propriedade pode ser a mais importante.



# Importância das instituições – As duas Coreias



# Acumulação de capital versus progresso tecnológico

- O crescimento rápido pode vir de duas fontes:
  - 1) Uma taxa mais alta de progresso tecnológico. Se  $g_A$  for mais alto, o crescimento equilibrado do produto ( $g_Y = g_A + g_N$ ) também será mais alto. Nesse caso, a taxa de crescimento do produto é igual à taxa de progresso tecnológico.
  - 2) Ajuste do capital por trabalhador efetivo,  $K/AN$ , para um nível mais alto. Nesse caso, a taxa de crescimento do produto supera a taxa de progresso tecnológico.

## Crescimento em alguns países da OCDE

**Table 12-2** Average Annual Rates of Growth of Output per Worker and Technological Progress in Four Rich Countries since 1985

	Rate of Growth of Output per Worker (%) 1985–2014	Rate of Technological Progress (%) 1985–2013
France	1.3	1.4
Japan	1.6	1.7
United Kingdom	1.9	1.4
United States	1.7	1.4
Average	1.6	1.5

Source: Calculations from the OECD Productivity Statistics.

# Crescimento em alguns países da OCDE

**Table 12-3** Average Annual Rate of Growth of Output per Worker and Technological Progress in China, 1978–2011

Period	Rate of Growth of Output (%)	Rate of Growth of Output per Worker (%)	Rate of Technological Progress (%)
1978–1995	10.1	7.4	7.9
1996–2011	9.8	8.8	5.9

Source: Penn World Table version 8.1.