Macroeconomia Microfundamentada

Produção e Investimento

Tomás R. Martinez

INSPER

Referências

- Garín, Leste, and Sims: Cap. 12
- Kurlat: Cap. 8 (e Cap. 4.1 / 4.4)

Introdução

- Até o presente momentos focamos nas decisões das famílias.
- Neste capítulo iremos focar nas decisões de produção e investimento das firmas.
- Dois componentes cruciais macroeconômicos (em uma economia fechada):

$$\mathsf{Y} = C + \mathsf{I} + G$$

A Função de Produção Agregada

- Vamos assumir que existe uma "firma representativa" responsável pela produção da economia. Ela produz com a função de produção, $F(.)$:

$$Y_t = A_t F(K_t, N_t)$$

  - Y_t: Produção agregada no período t (em unidades do "bem final");
  - K_t: Capital agregado (máquinas, equipamentos, e edifícios);
  - N_t: Trabalho usado na produção (horas trabalhadas);
  - A_t (ou Z_t): Produtividade total dos fatores, PTF (*total factor productivity* - TFP);

- Y_t, K_t, N_t são observados nos dados. Dado uma função F podemos recuperar A_t como um resíduo.
  - A_t é uma medida de "eficiência tecnológica" (mas também da nossa ignorância).

Interpretando a Função de Produção

- Nas contas nacionais, o PIB pode ser computado de três maneiras:
  - **Método da produção**: soma do valor adicionado (produção menos insumos intermediários) de todos os bens;
  - **Método da renda**: soma de todas as rendas (salários, juros, lucros);
  - **Método da despesa**: soma dos gastos em todos os bens finais $(C + I + G)$.

Interpretando a Função de Produção

- Nas contas nacionais, o PIB pode ser computado de três maneiras:
  - **Método da produção**: soma do valor adicionado (produção menos insumos intermediários) de todos os bens;
  - **Método da renda**: soma de todas as rendas (salários, juros, lucros);
  - **Método da despesa**: soma dos gastos em todos os bens finais ($C + I + G$).
- $Y_t = A_t F(K_t, N_t)$ representa a produção de todos os bens finais, que é igual a soma dos valores adicionados já que não há uso bens intermediários.
  - É possível quebrar essa relação com uma função de produção que inclui insumos intermediários, M: $F(K, N, M)$.

Interpretando a Função de Produção

- Por construção, $AF(K, N)$ está incluindo a produção de todas as firmas em todos os setores.
- Modelos mais complexos podem "abrir" a função de produção agregada e modelar explicitamente:
  - Firmas com produtividades e tamanhos diferentes.
  - Setores diferentes e toda a relação da cadeia de produção setorial.
- Vamos manter o problema simples e concentrar na produção final (i.e, o PIB).

Hipóteses sobre a Função de Produção

(i) **Retornos constantes de escala**: $F(\lambda K, \lambda N) = \lambda F(K, N)$ para qualquer $\lambda > 0$.

- A produção aumenta proporcionalmente com os insumos.

(ii) **Crescente nos insumos**: $F_K(K, N) > 0$ e $F_N(K, N) > 0$.

- Trabalhadores adicionais ou capital adicional acrescenta pelo menos um pouco à produção.

(iii) **Produtividade Marginal Decrescente**: $F_{KK}(K, N) < 0$ e $F_{NN}(K, N) < 0$.

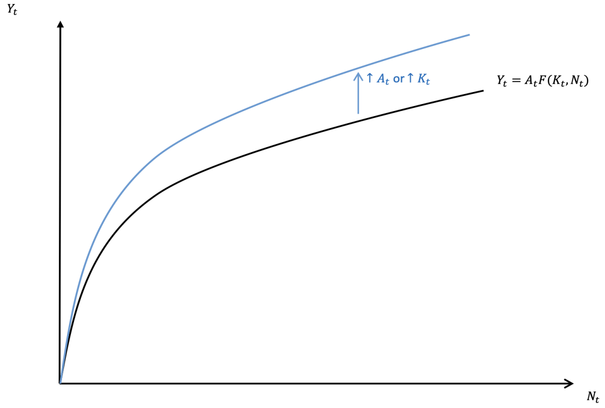
- Adicionar apenas um dos fatores torna-se cada vez menos útil quanto mais você o faz.

(iv) **Condições de Inada**: $\lim_{K \to 0} F_K(K, N) = \infty$, $\lim_{K \to +\infty} F_K(K, N) = 0$, $\lim_{N \to 0} F_N(K, N) = \infty$, $\lim_{N \to +\infty} F_N(K, N) = 0$.

(v) **Ambos os fatores são necessários**: $F(0, N) = 0$ e $F(K, 0) = 0$.

Notação: Produtividade Mg. de K = $F_K(K, N) = \frac{\partial F(K,N)}{\partial K}$

Função de Produção



Fonte: GLS.

Funções de Produção Populares

- **Cobb-Douglas**:

$$F(K,N) = K^{\alpha} N^{1-\alpha} \qquad 0 < \alpha < 1$$

- **CES (constant elasticity of substitution)**:

$$F(K,N) = \left(\alpha K^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\alpha) N^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}\right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \qquad 0 < \alpha < 1$$

  - onde $\sigma > 0$ é a elasticidade de substituição.
  - $\sigma < 1$: complementares brutos;
  - $\sigma > 1$: substitutos brutos;
  - $\sigma = 1$: cobb-douglas.

Capital e Investimento

- Capital é um **estoque**, leva tempo para ser construído e deprecia a taxa δ.
- O estoque de capital de $t+1$ é igual ao capital não depreciado mais o **fluxo** de investimento, I.
- A **lei de movimento do capital** é

$$K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t$$

- Note que pela perspectiva da firma capital é pre-determinado e portanto exógeno em t.
- Vamos assumir que a economia começa com algum capital.

Investimento no BR

Dados de fluxo e estoque de capital fixo de 2021 em relação a 2020
(Em R$ milhões de 2010)

Categorias	FBCF			Depreciação		
	2020	2021	%	2020	2021	%
Construção – residencial	152.706	168.368	10,26	136905	133.642	-2,38
Construção – infraestrutura	86.017	98.627	14,66	74954	82.448	10,00
Construção – demais estruturas	102.590	115.741	12,82	111286	100.991	-9,25
Máquinas e equipamentos	243.051	269.940	11,06	272601	282.132	3,50
Outros	105.901	127.841	20,72	110949	110.797	-0,14
Total	**690.264**	**780.518**	**13,08**	**706695**	**710.009**	**0,47**

Categorias	Investimento líquido		Estoque de capital		
	2020	2021	2020	2021	%
Construção – residencial	15.801	34.727	3.426.287	3.461.014	1,01
Construção – infraestrutura	11.063	16.179	1.654.021	1.670.200	0,98
Construção – demais estruturas	-8.696	14.750	2.765.588	2.780.338	0,53
Máquinas e equipamentos	-29.550	-12.191	1.792.836	1.780.645	-0,68
Outros	-5.048	17.044	381.396	398.440	4,47
Total	**-16.431**	**70.509**	**10.020.128**	**10.090.637**	**0,70**

Fonte: IPEA

Problema da Firma

- As famílias são donas das firmas e recebem a distribuição dos dividendos, mas a firma toma suas próprias decisões para maximizar seu lucro

- Iremos supor que a firma NÃO tem poder de mercado (i.e., competição perfeita).

- Duas maneiras de escrever o problema da firma:

  (i) As famílias são as donas do capital, K, e alugam para a firma em cada período. As famílias tomam as decisões de investimento.
  (ii) A firma é dona do capital, K, e toma as decisões de investimento.

- Como a família é dona da firma e a poupança (das famílias) é igual ao investimento, essa decisão é inócua na maioria dos casos.

Problema da Firma: Família Dona do Capital

- Se a família for dona do capital, o problema da firma é estático e podemos resolver período-a-período.

- Dado os salários, w_t, e a taxa de aluguel de capital (líquido da depreciação), r_t^K, a firma escolhe quanto capital e quanto trabalho quer contrata para maximizar seu lucro:

$$D_t = \max_{N_t, K_t} \quad p_t A_t F(K_t, N_t) - w_t N_t - (r_t^K + \delta) K_t$$

  - Onde D_t é o lucro (dividendos) da firma no período t.
  - O preço do bem final é normalizado para 1, $p_t = 1$ (numeraire).

Problema da Firma: Família Dona do Capital

- Se a família for dona do capital, o problema da firma é estático e podemos resolver período-a-período.

- Dado os salários, w_t, e a taxa de aluguel de capital (líquido da depreciação), r_t^K, a firma escolhe quanto capital e quanto trabalho quer contrata para maximizar seu lucro:

$$D_t = \max_{N_t, K_t} \quad p_t A_t F(K_t, N_t) - w_t N_t - (r_t^K + \delta) K_t$$

  - Onde D_t é o lucro (dividendos) da firma no período t.
  - O preço do bem final é normalizado para 1, $p_t = 1$ (numeraire).

- Condições de primeira ordem implicam para todos períodos:

$$AF_K(K, N) = r^K + \delta \qquad \text{e} \qquad AF_N(K, N) = w$$

Demanda por Capital e Trabalho

- Invertendo as equações de produto marginal encontramos as curvas de demanda do capital e trabalho.

- **Exemplo:** Cobb-Douglas, $Y = AK^{\alpha}N^{1-\alpha}$:

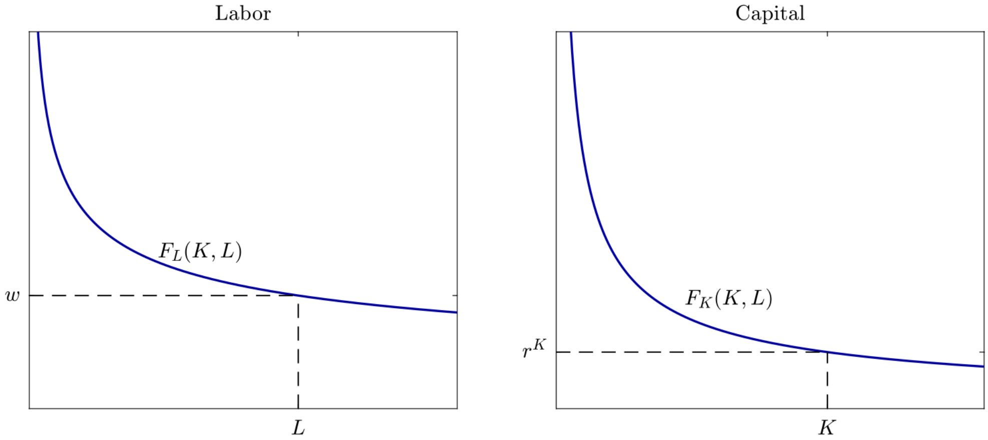
$$\alpha AK^{\alpha-1}N^{1-\alpha} = r^K + \delta \qquad \text{e} \qquad (1-\alpha)AK^{\alpha}N^{-\alpha} = w$$

- Isolando K na primeira equação e N na segunda, temos a demanda por capital e por trabalho:

$$K = \mathcal{K}^d = \left(\frac{\alpha A}{r^K + \delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}} N \qquad \text{e} \qquad N = \mathcal{N}^d = \left(\frac{(1-\alpha)A}{w}\right)^{\frac{1}{\alpha}} K$$

- Juntando as duas equações, encontramos que a firma escolhe sua razão capital-trabalho dependendo da razão dos preços dos insumos: $\frac{K}{N} = \frac{\alpha}{1-\alpha}\frac{w}{r+\delta}$.

Demanda por Capital e Trabalho



Fonte: Kurlat.

Lucro Zero

- Note que a hipótese de competição perfeita (preço = produto marginal) + retornos constante de escala implicam que a firma tem lucro econômico zero.

- Utilizando a função de custo total da firma e substituindo os preços pelos produtos marginais:
$$wN + (r^K + \delta)K = AF_N(K,N)N + AF_K(K,N)K$$

- Pelo Identidade/Teorema de Euler, uma função de homogênea de grau 1 (i.e., com retornos constantes de escala) é:

$$AF_N(K,N)N + AF_K(K,N)K = AF(K,N)$$

Lucro Zero

- Note que a hipótese de competição perfeita (preço = produto marginal) + retornos constante de escala implicam que a firma tem lucro econômico zero.
- Utilizando a função de custo total da firma e substituindo os preços pelos produtos marginais:
$$wN + (r^K + \delta)K = AF_N(K,N)N + AF_K(K,N)K$$
- Pelo Identidade/Teorema de Euler, uma função de homogênea de grau 1 (i.e., com retornos constantes de escala) é:
$$AF_N(K,N)N + AF_K(K,N)K = AF(K,N)$$
- Substituindo no problema temos que o lucro é igual a zero:
$$\text{Lucro} = D = Y - AF_N(K,N)N - AF_K(K,N)K = Y - AF(K,N) = 0$$

Problema da Firma: Firma Dona do Capital

- Colocar a família como a dona do capital e escrever o problema da firma estático é conveniente em vários aspectos.

- Como não altera o resultado na maioria dos modelos, é bem comum encontrar os problemas da firma escrito dessa maneira.

- Contudo, é importante modelar a decisão de investimento da firma caso queiramos estudar as suas decisões de financiamento e investimento.

Problema da Firma: Firma Dona do Capital

- Suponha que capital é fixo em t e a firma tem que investir I_t para poder aumentar seu estoque de capital no período seguinte, $t+1$. A lei de movimento do capital é: $K_{t+1} = I_t + (1-\delta)K_t$.

- Vamos supor um modelo de 2 períodos. Em t o capital já é pré-determinado e dado por K_t. A firma tem que contratar o trabalho para produzir em t, e decidir o quanto investir para aumentar seu capital no período seguinte.

- Como o modelo só tem dois períodos, a firma vende todo seu capital não depreciado no final do período $t+1$ (i.e., faz um investimendo negativo): $K_{t+2} = 0 \Rightarrow I_{t+1} = -(1+\delta)K_{t+1}$.

Firma Dona do Capital

- A firma vive por dois períodos e tem que maximizar o seu dividendo (lucro) intertemporal descontado:

$$V_t = D_t + \frac{D_{t+1}}{1+r}$$

- O dividendo de cada período é dado pelo seu lucro operacional menos o gasto com investimento:

$$\begin{aligned} D_t &= Y_t - w_t N_t - I_t \\ &= \underbrace{A_t F(K_t, N_t) - w_t N_t}_{\text{lucro econômico operacional}} - I_t \end{aligned}$$

  - Note que implicitamente estamos supondo que o preço do bem final é igual ao preço do investimento ($p_t = 1$, omitido).
  - O lucro operacional pode ser resolvindo como um problema estático onde a firma escolhe N_t.

Firma Dona do Capital

- Combinando as duas equações, temos o problema da firma completo:

$$V_t = \max_{K_{t+1}, N_t, N_{t+1}} A_t F(K_t, N_t) - w_t N_t - I_t + \frac{1}{1+r}\left[A_{t+1} F(K_{t+1}, N_{t+1}) - w_{t+1} N_{t+1} - I_{t+}\right.$$

s.à $\quad K_{t+1} = I_t + (1-\delta)K_t \quad$ e $\quad K_{t+2} = I_{t+1} + (1-\delta)K_{t+1} = 0$

  - Onde K_t é dado, já que foi escolhido em um período anterior ao problema.
  - $K_{t+2} = 0$, ou seja, a firma vende todo o seu capital não depreciado no final do segundo período.

Firma Dona do Capital

- Substituindo:

$$\max_{K_{t+1},N_t,N_{t+1}} A_t F(K_t, N_t) - w_t N_t - K_{t+1} + (1-\delta)K_t + \dots$$
$$\frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F(K_{t+1}, N_{t+1}) - w_{t+1}N_{t+1} + (1-\delta)K_{t+1}\right]$$

- As condições de primeira ordem são (as de N são iguais em t e $t+1$):

$$AF_N(K,N) = w \quad \text{e} \quad A_{t+1}F_K(K_{t+1}, N_{t+1}) + (1-\delta) = 1+r$$

- São iguais ao problema estático!

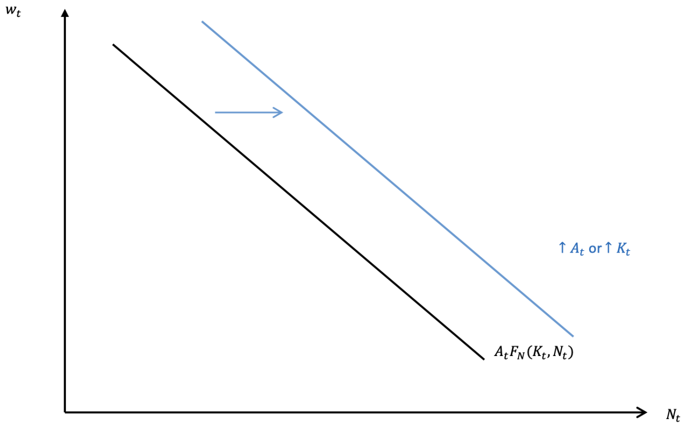
Demanda por trabalho

- Retornemos ao caso Cobb-Douglas. A demanda por trabalho, N_t (em $t+1$ é similar):

$$N_t = \mathcal{N}^d(A_t, w_t, K_t) = \left(\frac{(1-\alpha)A_t}{w_t}\right)^{\frac{1}{\alpha}} K_t$$

- A demanda por trabalho da firma aumenta se:
    - A eficiência tecnológica, A_t, aumenta.
    - O estoque de capital, K_t, aumenta.
    - O salário, w_t, diminui.

Demanda por Trabalho



Fonte: GLS.

Demanda por Investimento

- A demanda por capital futuro, K_{t+1}:

$$K_{t+1} = \mathcal{K}^d(A_{t+1}, r) = \left(\frac{\alpha A_{t+1}}{r+\delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}} N_{t+1}$$

- Note que $N_{t+1} = \mathcal{N}^d(A_{t+1}, w_{t+1}, K_{t+1})$. Ou seja, a demanda por capital, depende de A_{t+1}, r e implicitamente de w_{t+1} (via trabalho).

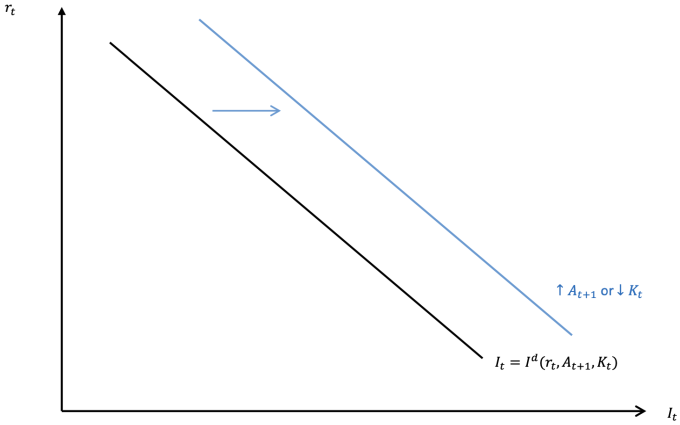
- Utilizando a lei de movimento do capital, temos que a demanda por investimento:

$$I_t = \mathcal{I}^d(A_{t+1}, r, K_t) = K_{t+1} - (1-\delta)K_t$$

Demanda por Investimento

- O que gera demanda por investimento? $I_t = \mathcal{I}^d(A_{t+1}, r, K_t)$
- Aumento de produtividade **futura**, A_{t+1}, faz com que as firmas invistam mais **hoje**.
- Queda na taxa de juros, r, aumenta o investimento: projetos arriscados ficam mais atrativos, além do custo do empréstimo ficar mais barato.
- Baixo capital inicial, K_t, faz com que se necessite alto investimento para chegar ao nível desejado de K_{t+1}.

Demanda por Investimento



Fonte: GLS.

Exemplos e Extensões

Financiamento via Dívida

- Até o momento, consideramos que as firmas financiam o investimento via **equity**, ou seja reduzindo os seus dividendos.
- Na realidade muitas firmas, principalmente as jovens e pequenas, financiam seus investimentos tomando empréstimos com os bancos.
- Considere agora que a firma pode pegar um empréstimo B_t no período t, e tem que pagar $(1+r)B_{t+1}$ em $t+1$.
- A fração q do investimento é financiado via **equity** e a fração $1-q$ é financiado via **endividamento**: $(1-q)I_t = B_t$.

Financiamento via Dívida

- Para simplificar, considere que a produção só depende do capital: $Y_t = A_t F(K_t)$. O lucro no período t:

$$
\begin{aligned}
D_t &= \underbrace{A_t F(K_t)}_{\text{lucro econômico operacional}} - \underbrace{I_t}_{\text{gasto com invest.}} + \underbrace{B_t}_{\text{empréstimo}} \\
&= A_t F(K_t) - q I_t
\end{aligned}
$$

- Onde na segunda linha usamos $(1 - q) I_t = B_t$.

Financiamento via Dívida

- Para simplificar, considere que a produção só depende do capital: $Y_t = A_t F(K_t)$. O lucro no período t:

$$
\begin{aligned}
D_t &= \underbrace{A_t F(K_t)}_{\text{lucro econômico operacional}} - \underbrace{I_t}_{\text{gasto com invest.}} + \underbrace{B_t}_{\text{empréstimo}} \\
&= A_t F(K_t) - q I_t
\end{aligned}
$$

- Onde na segunda linha usamos $(1-q)I_t = B_t$. No período $t+1$, o dividendo é:

$$
\begin{aligned}
D_{t+1} &= \underbrace{A_{t+1} F(K_{t+1})}_{\text{lucro econômico operacional}} + \underbrace{(1-\delta)K_{t+1}}_{\text{venda do capital não-deprec.}} - \underbrace{(1+r)B_t}_{\text{custo financeiro}} \\
&= A_{t+1} F(K_{t+1}) + (1-\delta)K_{t+1} - (1+r)(1-q)I_t
\end{aligned}
$$

Financiamento via Dívida

- Colocando tudo junto, o valor presente descontado dos dividendos da firma é:

$$
\begin{aligned}
&\max_{K_{t+1}} A_t F(K_t) - qI_t + \frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F(K_{t+1}) + (1-\delta)K_{t+1} - (1+r)(1-q)I_t\right] \\
&\text{s.à} \qquad K_{t+1} = I_t + (1-\delta)K_t
\end{aligned}
$$

- Substituindo I_t, e tomando a c.p.o com respeito à K_{t+1}:

$$q(1+r) + (1-q)(1+r) = A_{t+1}F_K(K_{t+1})$$

- Que resulta na mesma equação, independemente do q!

Modligiani-Miller Theorem

- O teorema que diz que é irrelevante se a firma se financia via **equity** ou **dívida** é chamado de **Teorema de Modligiani-Miller** (1958).
  - Por Franco Modligiani (Nobel em 1985) e Merton Miller (Nobel em 1990).
- Note que o teorema só funciona em condições bastante fortes e irrealistas. Em particular, é necessário assumir:
  - Não há impostos nem descontos (sobre os dividendos ou nos juros sobre o capital);
  - Não há custos de transação, agência, nem de falência;
  - Não há assimetria de informação;
  - Indivíduos e firmas pegam empréstimos a mesma taxa de juros.
- Neste caso a **princípio da irrelevância da estrutura de capital** é válido.
  - Note, que, justamente por esses princípios serem violados que a estrutura de capital é importante no mundo real!

Fricções Financeiras

- Até agora consideramos que os mercados financeiros funcionam perfeitamente, mas essa hipótese está longe da realidade.
- As empresas enfrentam restrições na sua capacidade de contrair empréstimos, independentemente de estarem dispostos a pagar a taxa de juros vigente.
- Normalmente a microfundamentação é baseada em imperfeições de informação no mercado de crédito.
- Tomaremos isso como dado e supor que a firma só pode pegar empréstimo até um nível κ:

$$B_t \leq \kappa$$

Fricções Financeiras

- Considere o problema mais simples possível: função de produção só com capital, depreciação total ($\delta = 1$) e firma só pode financiar o investimento com dívida.

- O problema da firma no segundo período (o primeiro é irrelevante) fica:

$$D_{t+1} = \max_{K_{t+1}} A_{t+1} F(K_{t+1}) - (1+r) B_t \qquad \text{e} \qquad K_{t+1} = I_t = B_t \leq \kappa$$

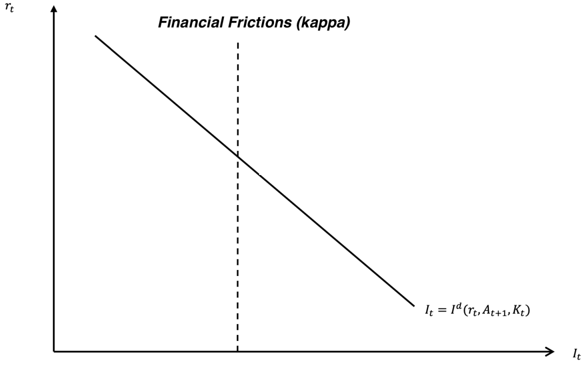
- Se a restrição não estiver ativa, a solução do problema é usual:

$$A_{t+1} F_K(I_t) = (1+r)$$

- A depender dos parâmetros, a restrição fica ativa: $I_t = \kappa$. Nesse caso, a firma só consegue investir até o nível máximo de dívida que os bancos emprestam.

Fricções Financeiras

Figura: Demanda por Investimento com Fricções Financeiras



- Demanda por investimento: $I_t = \min\{\mathcal{I}^d(r, A_{t+1}, K_{t+1}), \kappa\}$.
- Gráficamente a função é dado pela curva decrescente até a curva pontilhada.
- Em uma crise no setor financeiro κ pode cair, restringindo o investimento e portanto o PIB.

Tobin's Q

- James Tobin (Nobel 1981) argumenta que se capital de uma empresa excedesse o seu custo de reposição, o capital teria mais valor "na empresa" que "fora da empresa".

- Formalmente, o **Tobin's Q** é:

$$Q = \frac{\text{Market Value}}{\text{Book Value}}$$

  - **Market value:** valor de mercado (do capital dentro) da empresa.
  - **Book value:** investimento acumulado (menos depreciação). Custo de reposição do capital (fora da empresa).

- Se $Q > 1$ vale a pena comprar capital e construir "uma réplica" da empresa (i.e., investir). Se $Q < 1$, melhor vender o capital da empresa (i.e., não investir).

Tobin's Q

- Vamos encontrar o Tobin's Q no nosso modelo. Considere o modelo sem trabalho, mas dessa vez iremos colocar a restrição de investimento diretamente no Langrageano (em vez de substituí-la):

$$
\begin{aligned}
\mathcal{L}(K_{t+1}, I_t) =& A_t F(K_t) - I_t + q_t(I_t + (1-\delta)K_t - K_{t+1}) + \ldots \\
& \ldots \frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F(K_{t+1}) - I_{t+1} + q_{t+1}(I_{t+1} + (1-\delta)K_{t+1} - K_{t+2})\right]
\end{aligned}
$$

- Onde q_t é o multiplicador de lagrange para a restrição de investimento.

Tobin's Q

- Vamos encontrar o Tobin's Q no nosso modelo. Considere o modelo sem trabalho, mas dessa vez iremos colocar a restrição de investimento diretamente no Langrageano (em vez de substituí-la):

$$\begin{aligned}\mathcal{L}(K_{t+1}, I_t) =& A_t F(K_t) - I_t + q_t(I_t + (1-\delta)K_t - K_{t+1}) + ... \\ & ...\frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F(K_{t+1}) - I_{t+1} + q_{t+1}(I_{t+1} + (1-\delta)K_{t+1} - K_{t+2})\right]\end{aligned}$$

- Onde q_t é o multiplicador de lagrange para a restrição de investimento.As cpo c/ respeito a I_t e K_{t+1}:

$$\frac{\partial V}{\partial I} = q_t - 1 = 0 \quad \text{e} \quad q_t = \frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F_K(K_{t+1}) + q_{t+1}(1-\delta)\right]$$

Tobin's Q

- O Tobin's Q relevante é o marginal (e não a média): **Marginal Q** $\equiv \frac{\partial \text{Market Value}}{\partial \text{Investiment}}$.

- O multiplicador q representa exatamente isso: é o impacto de uma unidade adicional de investimento no valor da firma.

- Outra interpretação: q é o **preço sombra do investimento**. Note que o preço do capital adicional tem que ser igual ao retorno marginal de mais capital (mais o seu valor de revenda amanhã).

$$q_t = \frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F_K(K_{t+1}) + q_{t+1}(1-\delta)\right]$$

- Por outro lado temos que: $q_t = 1$. O preço do capital em termos do bem final é igual a um em todos períodos, o que não faz muito sentido no mundo real.

Custo de Ajuste

- Uma solução para esse problema é supor que a firma tem um custo para ajustar seu capital.
- Existem muitas funções possíveis. Vamos supor uma função quadrática:

$$\Psi(I,K) = \frac{\psi}{2}\frac{I^2}{K} \quad \text{e} \quad \frac{\partial \Psi(I,K)}{\partial I} = \psi \frac{I}{K}$$

- Quanto maior ψ, maior o custo de ajuste.
- O custo é proporcional ao capital, ajustes pequenos são "baratos" mas ajustes grandes saem bem caros para firma.

Custo de Ajuste

- Incluindo o custo de ajuste, o problema da firma fica:

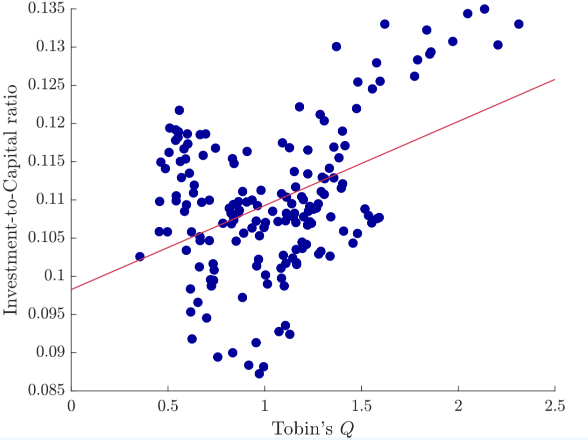
$$\mathcal{L}(K_{t+1}, I_t) = A_t F(K_t) - I_t - \Psi(I_t, K_t) + q_t(I_t + (1-\delta)K_t - K_{t+1}) + \ldots$$
$$\ldots \frac{1}{1+r}\left[A_{t+1}F(K_{t+1}) - I_{t+1} - \Psi(I_{t+1}, K_{t+1}) + q_{t+1}(I_{t+1} + (1-\delta)K_{t+1} - K_{t+2})\right]$$

- A c.p.o com respeito a I_t fica:

$$q_t = 1 + \psi \frac{I_t}{K_t} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{I_t}{K_t} = \frac{1}{\psi}(q_t - 1)$$

- A razão investimento-capital depende do preço sombra do capital, q. Isso ajuda a suavizar o modelo de investimento, e trazê-lo mais próximo aos dados.

Tobin's Q com Custo de Ajuste



Fonte: Andrei et al (2019), via Kurlat.