Modelo IS-LM

Ian Teixeira Barreiro

Novembro 2021

1 Introdução

Um dos primeiros modelos apresentados durante os cursos introdutórios de Macroeconomia é o modelo IS-LM. O economista britânico John Maynard Keynes propôs o modelo como uma alternativa à visão clássica de que a oferta era a força preponderante na determinação da renda, sustentando que a demanda agregada é o principal determinante da renda nacional no curto prazo. O modelo IS-LM ilustra a teoria keynesiana, encontrando a renda de equilíbrio dado o mercado de bens (curva IS) e o mercado monetário (curva LM) e demonstrando o que altera essa renda de equilíbrio dado mudanças nos fatores que compõe a demanda agregada.

O presente texto conterá um resumo do modelo IS-LM e uma descrição de uma implementação computacional do modelo. O resumo será baseado no livro "Macroeconomia, 8a edição"de N. Gregory Mankiw. A implementação computacional é de autoria própria. O texto será estruturado da seguinte maneira: i) Primeiro será feito um resumo teórico, apresentando as curvas IS e LM, ii) em seguida será descrita a implementação computacional do modelo em usando 3 técnicas distintas, iii) e por fim serão discutidos os efeitos que políticas econômicas tem na renda e no juro de equilíbrio com ilustrações gráficas.

2 O Modelo

2.1 A Relação IS

A curva IS denota o mercado de bens na economia e como a renda surgida desse mercado se altera dado alterações no juro. O ponto de partida da curva IS vem da cruz Keynesiana. Tomemos gasto efetivo como sendo o gasto que as famílias, empresas e o governo efetivamente gastam e gasto planejado como sendo o gasto que esses agentes econômicos pretendiam ter. Esses valores podem diferir devido a expectativas que não se concretizam ou erros de planejamento (a empresa esperava uma demanda maior, por isso produz mais, mas essa expectativa não se concretiza, gerando estoques que tornam seu gasto efetivo superior ao planejado). O mercado de bens se encontra em equilíbrio quando o gasto efetivo é igual ao planejado ou, dito de outra maneira, a produção é igual à demanda agregada. Tomemos uma economia fechada e com atuação do governo e ilustremos a afirmação acima com a seguinte definição:

$$Y = Z \equiv C(Y - T) + I(r) + \bar{G}$$

em que Y é a renda ou produto, Z é a demanda agregada, C é a função consumo dependente da renda disponível (renda menos impostos), I é o investimento que é função da taxa de juros, e G é uma variável exógena que expressa os gastos do governo. A função consumo geralmente é descrita de modo linear, com intercepto c_0 chamado de consumo autônomo e coeficiente linear c_1, chamado de propensão marginal a consumir, cujo valor deve ser entre 0 e 1. Como se vê pela função investimento, a mudança da taxa de juros altera o equilíbrio no mercado de bens. Um aumento nos juros reduz investimento, reduzindo o nível de renda do mercado de bens no equilíbrio. Se o juros diminui as empresas investirão mais, de modo que o equilíbrio no mercado de bens aumenta. A curva IS é justamente a curva que ilustra os sucessivos equilíbrios no mercado de bens quando se altera o juro da economia, *ceteris paribus*.

O modo como o investimento se altera dado mudanças na taxa de juros pode tomar formas diversas e, portanto, ser modelado por funções diversas. Como caso ilustrativo, tomemos uma economia que possua uma função investimento linear. Tomemos $C(Y - 2) = 2 + 0.75(Y - 2)$, $I(r) = -3r$, $\bar{G} = 10$ e $\bar{T} = 2$, resultando na equação $Y = 2 + 0.75 \cdot (Y - 2) - 3r + 10$, cujo gráfico está abaixo.

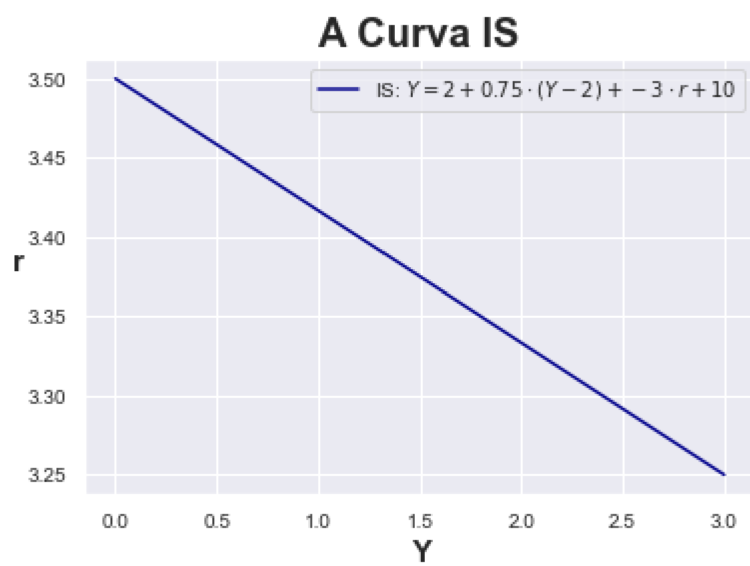

Figura 1: A curva IS para uma função investimento linear

Como se vê, dado que o investimento é negativamente relacionado ao juro, a curva IS é negativamente inclinada.

2.2 A Relação LM

A relação LM ilustra o que ocorre no mercado monetário e como o juros é determinado a partir dele. Ela é baseada na chamada teoria da preferência pela liquidez. As pessoas se defrontam com um trade-off entre ter moeda manual e depósitos a vista, que são líquidos, ou manter sua renda rendendo juros em alguma aplicação que tenha liquidez baixa. Podemos ilustrar esse trade-off, que determina a demanda por moeda, da seguinte maneira:

$$(M/P)^d = L(r, Y)$$

em que $(M/P)^d$ é a demanda real por moeda corrente e L(r, Y) é uma função que denota a quantidade demandada a cada taxa de juros e dado o produto. Aumentos nos juros tornam o custo de oportunidade de manter moeda manual mais alto, de modo que a demanda por moeda cai, demonstrando ser a demanda por moeda decrescente com o juro. Quanto mais aquecida a economia (e, portanto, maior o Y) mais as pessoas querem e podem comprar, de modo que a demanda é positivamente relacionada ao nível da economia.

Podemos tomar a oferta real de moeda como sendo uma variável exógena que é determinada pelo Banco Central ao conduzir política econômica. O equilíbrio no mercado monetário se encontra no ponto em que oferta monetária se iguala a demanda monetária, e nesse mesmo ponto se determina a taxa de juros de equilíbrio.

Agora suponhamos um aumento no produto Y. A economia mais aquecida levará as pessoas a demandarem mais moeda. A curva de demanda monetária se desloca para cima. Isso leva a uma aumento na taxa de juros, *ceteris paribus*. Isso é a observação fundamental para o desenho da curva LM. Ela é positivamente inclinada em relação ao produto - maior produto, maior juros de equilíbrio. Tomando uma LM linear, podemos traçar o gráfico a seguir:

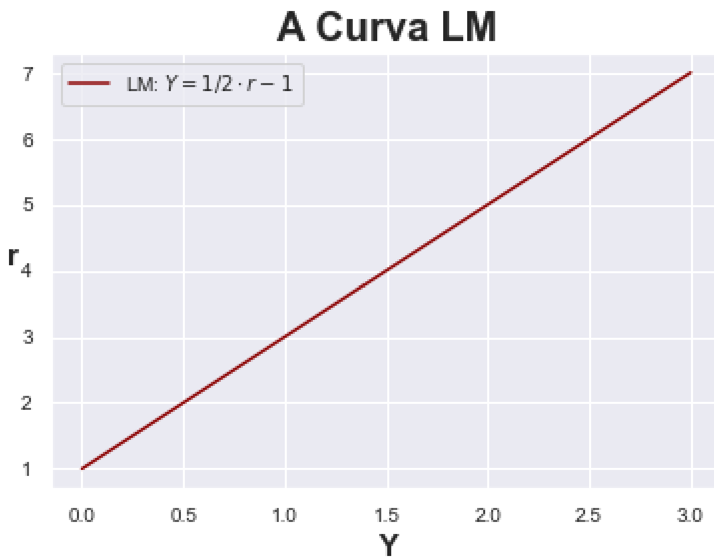

Figura 2: Uma curva LM linear

cujo intercepto é -1 e cujo coeficiente linear é 1/2.

2.3 O Equilíbrio

A renda de equilíbrio da economia se encontra no ponto em que a curva IS e a curva LM se interceptam. O mercado monetário, ao determinar o juros de equilíbrio, determina o nível de investimento no mercado de bens, determinando a renda de equilíbrio. Isso está ilustrado para as curvas anteriores no seguinte gráfico.

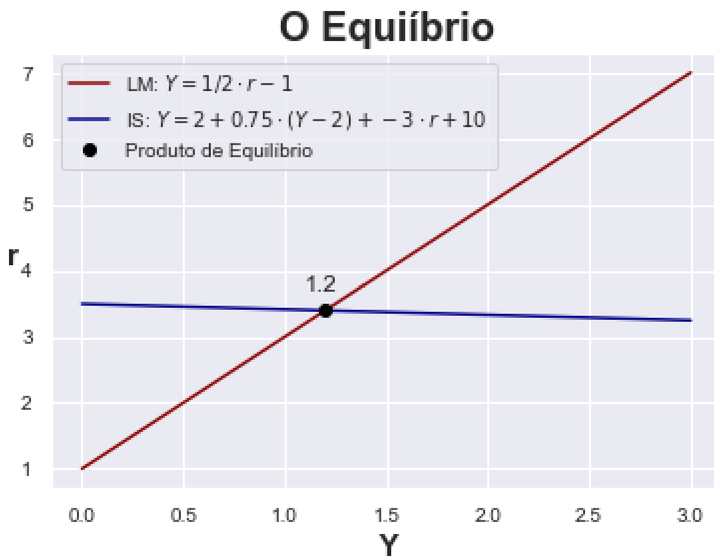

Figura 3: Uma curva LM linear

Como se pode ver para essa economia o produto de equilíbrio é 1.2 e o juros de equilíbrio é 3.4.

3 Implementação Computacional

3.1 Primeira Implementação

A primeira implementação foi feita encontrando o equilíbrio analiticamente. Uma equação para o estado de equilíbrio foi encontrada igualando a IS à LM através dos juros, para um investimento e uma LM lineares. Através de manipulação algébrica encontrou-se a equação para o produto de equilíbrio mostrada no programa. O juro de equilíbrio é encontrado substituido o produto de equilíbrio na LM.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
sns.set

def eq_algebrico(cons_aut, p_marg_cons, G, T,
                 c_inv, i_inv, c_mon, i_mon):

    """
    Encontra o produto e o juros de equilibrio, de uma IS com investimento linear
    e uma LM linear. Utiliza equacoes encontradas algebricamente.
    --------------------------------
    cons_aut    = Consumo Autonomo
```

```
    p_marg_cons = Propensao Marginal a Consumir (0 <= x <= 1)
    G           = Gastos do Governo
    T           = Tributos
    c_inv       = Coeficiente Linear da Funcao de Investimento (x < 0)
    i_inv       = Intercepto da Funcao de Investimento
    c_mon       = Coeficiente Linear da LM (x > 0)
    i_mon       = Intercepto da LM
    """

    # Propensao Margina a Consumir positiva entre 0 e 1
    # Investimento negativamente relacionado ao juros
    # LM positivamente inclinada
    assert p_marg_cons >= 0 and p_marg_cons <= 1 and c_inv < 0 and c_mon > 0

    denom = (c_inv * c_mon) - 1 + p_marg_cons

    # Para evitar inf
    assert denom != 0

    # Montando a equacao
    ya = 1 / denom
    yb = ((p_marg_cons * T) - cons_aut - i_inv - G - (c_inv * i_mon))

    # Produto e juros de equilibrio
    Y = ya * yb
    r = c_mon * Y + i_mon

    return Y, r
```

3.2 Segunda Implementação

A segunda implementação utiliza a técnica do ponto fixo para encontrar o equilíbrio usando aproximação numérica. Definimos funções para a IS e a LM, variando com relação ao produto. Na função que encontra o equilíbrio, iteramos por um grid linear encontrando o valor absoluto da IS menos a LM para cada valor do grid. O ponto mínimo dessa função será o produto de equilíbrio. Em seguida é possível encontrar o juros de equilíbrio substituindo o produto de equilíbrio na LM.

```
def equilibrio(cons_aut, p_marg_cons, gast_gov, tributos,
               c_inv, i_inv, c_mon, i_mon,
               grid_s, grid_e, grid_tam = 1000):

    """
    Encontra o produto e o juros de equilibrio, de uma IS com investimento linear
    e uma LM linear. A tecnica do ponto fixo.
    --------------------------------
    cons_aut    = Consumo Autonomo
    p_marg_cons = Propensao Marginal a Consumir (0 <= x <= 1)
    gast_gov    = Gastos do Governo
    tributos    = Tributos
```

```
    c_inv       = Coeficiente Linear da Funcao de Investimento (x < 0)
    i_inv       = Intercepto da Funcao de Investimento
    c_mon       = Coeficiente Linear da LM (x > 0)
    i_mon       = Intercepto da LM
    grid_s      = Inicio do grid
    grid_e      = Final do grid
    grid_tam    = Tamanho do grid
    """

    # Declarando variaveis globais
    # que serao usadas em outras funcoes
    global c0, c1, G, T, coef_i, inter_i, coef_lm, inter_lm

    # Atribuindo valores as variaveis globais
    # de acordo com os parametros
    c0, c1, G, T, coef_i, inter_i, coef_lm, inter_lm = [cons_aut, p_marg_cons,
                                                        gast_gov, tributos,
                                                        c_inv, i_inv,
                                                        c_mon, i_mon]

    # Propensao Margina a Consumir positiva entre 0 e 1
    # Investimento negativamente relacionado ao juros
    # LM positivamente inclinada
    assert c1 >= 0 and c1 <= 1 and coef_i < 0 and coef_lm > 0

    # Criando o grid
    grid_y = np.linspace(grid_s, grid_e, grid_tam)

    diff = []

    # Preenche diff com o valor absoluto da diferenca entre
    # a IS e a LM
    for val in grid_y:
        diff.append(abs(IS(val) - LM(val)))

    diff = np.array(diff)

    # Encontra os valores de interesse
    prod_eq = grid_y[np.argmin(diff)]
    juros_eq = IS(prod_eq)

    return prod_eq, juros_eq



def IS(x, is_inv = True):

    """
    x      = Caso is_inv = True serao valores do produto Y. Caso contrario
                         serao valores do juros r.
```

```
    is_inv = Se True (default) temos a IS invertida (r em funcao de Y)
    """

    if is_inv:
        return (x - x * c1 - c0 + c1 * T - inter_i - G)/coef_i

    else:
        mult = 1/(1 - c1)
        gast_aut = c0 - (c1 * T) + (coef_i * x) + inter_i + G
        return mult * gast_aut

def LM(x, lm_inv = False):

    """
    x      = Caso lm_inv = False serao valores do produto Y. Caso contrario
                      serao valores do juros r.
    lm_inv = Se False (default) temos a LM invertida (r em funcao de Y)
    """

    if lm_inv:
        return (x - inter_lm) / coef_lm
    else:
        return coef_lm * x + inter_lm
```

3.3 Terceira Implementação

A terceira implementação resolve matricialmente um sistema de equações lineares cujas variáveis são o produto e o juros.

```
def eq_linalg(cons_aut, p_marg_cons, G_gov, T_gov,
              c_inv, i_inv, c_mon, i_mon):

    # Propensao Margina a Consumir positiva entre 0 e 1
    # Investimento negativamente relacionado ao juros
    # LM positivamente inclinada
    assert p_marg_cons >= 0 and p_marg_cons <= 1 and c_inv < 0 and c_mon > 0

    vet_const_1 = cons_aut - (p_marg_cons * T_gov) + i_inv + G_gov
    vet_const = np.array([[vet_const_1], [i_mon]])

    mat_coef = np.array([[1 - p_marg_cons, -c_inv],[-c_mon, 1]])
    inv_mat = np.linalg.inv(mat_coef)
    res = np.dot(inv_mat, vet_const)

    y, r = res

    return y, r
```

4 Efeitos de Políticas Econômicas

O modelo IS-LM é interessante pois ele nos permite começar a entender os efeitos das políticas econômicas do produto e no juros de equilíbrio no curto prazo, ainda que de modo bastante simplificado. Abaixo ilustraremos os efeitos da política fiscal e monetária.

4.1 Política Fiscal

A política fiscal será ilustrada através da política fiscal expansionista, e o análogo é válido para a política fiscal contracionista. Primeiro, uma redução nos impostos aumenta a renda disponível, aumentando o consumo. O aumento do consumo aumenta a demanda da economia. Com a maior demanda as empresas podem contratar mais funcionários, reduzindo a taxa de desemprego. A menor taxa de desemprego permite um poder de barganha maior para os trabalhadores, aumentando seus salário e, portanto, a renda da economia. Esse ciclo continua, ilustrando o efeito multiplicativo característico do modelo keynesiano. A IS se moverá para cima, aumentando o produto e o juros de equilíbrio. Outra alternativa é o aumento de gastos do governo, que terá trajetória semelhante. Abaixo está ilustrada uma redução nos impostos de 2 para 0.5 e um aumento dos gastos do governo de 10 para 14 e seus efeitos no produto.

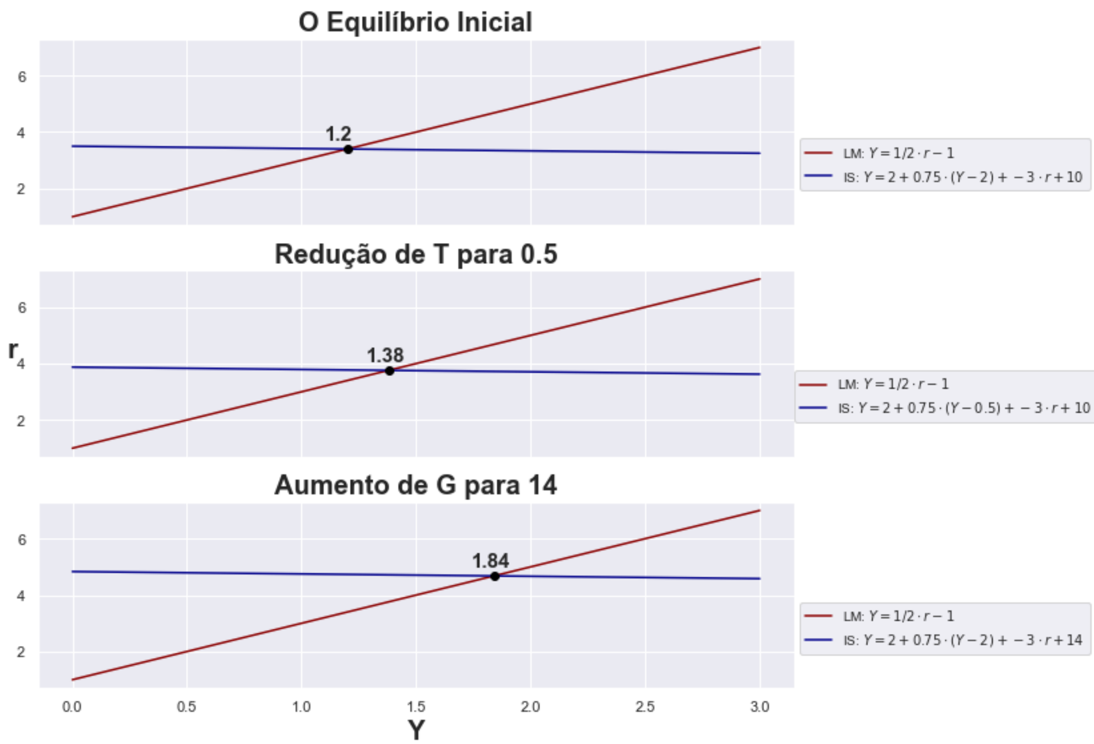

Figura 4: Política Fiscal Expansionista - Redução de Impostos ou Aumento de Gastos

4.2 Política Monetária

Se o Banco Central reduzir a oferta monetária, o juros de equilíbrio aumentará. O aumento nos juros reduz o investimento, reduzindo a demanda agregada da economia. A redução da demanda agregada e portanto do produto aumentará a taxa de desemprego e reduzirá a renda dos trabalhadores no curto prazo. Isso reduz a renda da economia. Isso se repete recursivamente devido ao efeito multiplicador. Do contrário, se o Banco Central aumentar a oferta monetária, o juros se reduzirá, aumentando o investimento e a demanda agregada da economia, levando a contratações e maiores salário, aumentando a renda da economia.

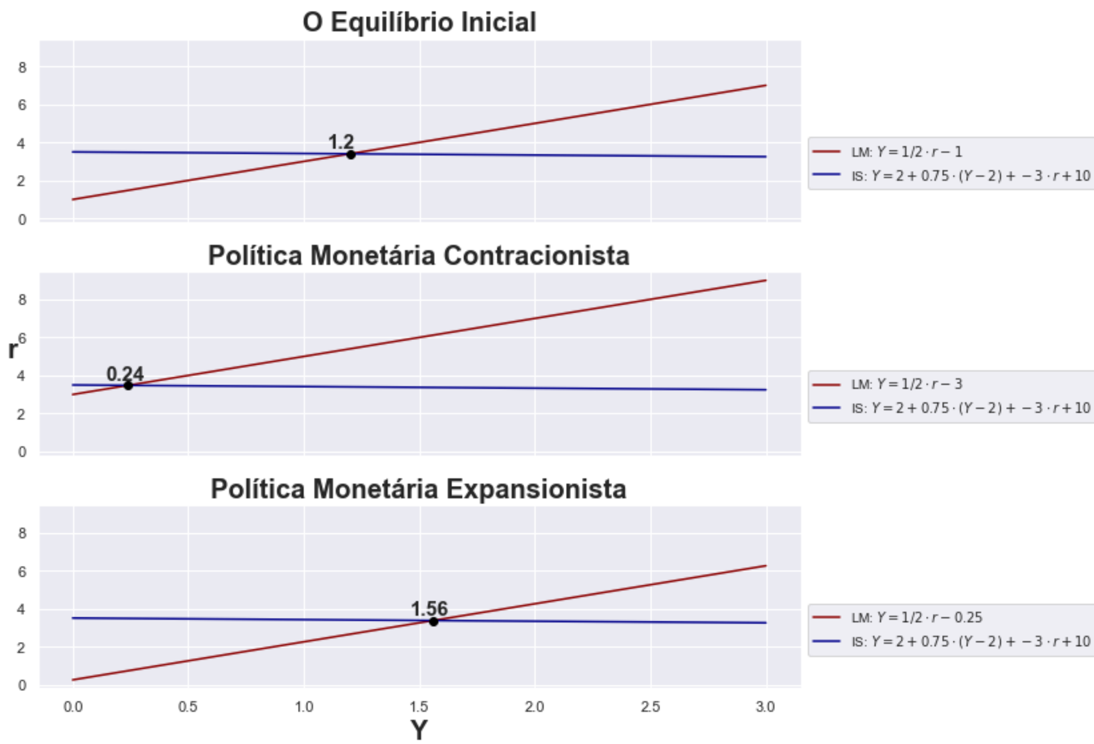

Figura 5: Efeitos da Política Monetária