Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo
Curso de Agronomia com Linha de Formação em Agroecologia

FUNDAMENTOS ECONÔMICOS PARA A ANÁLISE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Benedito Silva Neto

Setembro de 2026

FUNDAMENTOS ECONÔMICOS PARA A ANÁLISE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Índice

INTRODUÇÃO GERAL 4

PRIMEIRA PARTE: AS CATEGORIAS DE ANÁLISE ECONÔMICA 5

Introdução 5

As categorias fundamentais da economia: riqueza, valor e preço 6

Relações entre riquezas, valores e preços 8

Estrutura formal do modelo 16

Exemplos numéricos de curvas de oferta 21

Exemplo 1 21

Exemplo 2 27

O processo de agregação de valor 28

A reprodução econômica da sociedade e o valor agregado 29

O valor agregado na unidade de produção 35

As categorias obtidas pela repartição do valor agregado 37

As categoriais sociais na agricultura; o lucro como expressão de uma relação social específica 39

As categorias sociais e os critérios de alocação dos recursos nas unidades de produção 39

Os efeitos macroeconômicos da taxa de lucro como critério de alocação de recursos 40

Análise econômica e sustentabilidade: as externalidades 41

Exemplo numérico 43

Considerações finais sobre as categorias de análise econômica 47

SEGUNDA PARTE: ANÁLISE DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DE UNIDADES DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA 49

Introdução 49

A obtenção dos dados para o cálculo dos resultados econômicos 49

O valor agregado 51

A renda do agricultor 51

O lucro 52

O cálculo econômico na perspectiva da reprodução social 57

A caracterização técnica do sistema de produção 61

O cálculo dos resultados econômicos globais 62

Uso de modelos lineares para a análise econômica de sistemas de produção 64

Modelagem dos resultados econômicos globais 65

Modelagem da composição da renda 69

Modelagem das atividades isoladas 70

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 72

Apêndice I: a programação linear aplicada à economia 73

Apêndice II: a internalização de custos provocados por problemas ambientais de acordo com a teoria neoclássica 79

Apêndice III: a alocação dos recursos e a natureza da ciência econômica 82

Apêndice IV: sobre as inconsistências da teoria neoclássica 85

Apêndice V: exemplo de análise econômica de uma unidade de produção agropecuária 89

Apêndice VI: exemplo de internalização do custo da ecologização da cultura da soja 97

Lista das tabelas 99

Lista das figuras 99

INTRODUÇÃO GERAL

Este texto foi elaborado devido à ausência na literatura de uma abordagem da análise econômica de unidades de produção baseada no materialismo histórico. Ocorre que os livros que tratam deste assunto, especialmente os manuais voltados ao ensino, baseiam-se invariavelmente na escola neoclássica, cujo individualismo metodológico se mostra pouco coerente com a realidade econômica. Ao contrário, de acordo com o materialismo histórico, os processos econômicos são, sobretudo, processos sociais que, fundamentalmente, não podem ser compreendidos apenas a partir do comportamento dos indivíduos. Por outro lado, mesmo admitindo que o comportamento dos indivíduos é condicionado pelas relações sociais, a análise do comportamento individual é incontornável para que se possa compreender os princípios que regem a alocação dos recursos nas unidades de produção. Em outras palavras, não é possível compreender os processos econômicos sem considerar o contexto social que os condicionam, mas, também não se pode compreender tais processos sem uma análise dos recursos materiais e das tecnologias disponíveis nas unidades de produção.

Infelizmente, a literatura econômica baseada no materialismo histórico trata esta questão de uma forma bastante genérica, sem a aplicação de métodos formais precisos, que possam ser aplicados para a análise econômica de unidades de produção. É provável que isto ocorra porque, para tanto, o emprego de métodos baseados no cálculo à margem é indispensável, sendo tais métodos identificados como intrínsecos à escola neoclássica (ao ponto do surgimento desta corrente da economia ser denominado Revolução Marginalista).

No entanto, métodos baseados no cálculo à margem, como o cálculo diferencial e a programação matemática, constituem-se apenas em ferramentas matemáticas cujos fundamentos nada têm a ver com os da economia neoclássica. Essas ferramentas apenas foram empregadas por esta corrente na tentativa de justificar uma suposta fundamentação da economia sobre o comportamento individual. Como demonstramos neste texto, estes mesmos métodos podem ser aplicados para uma análise dos processos econômicos estritamente fundamentada no seu caráter social[1].

1 Tema que é tratado em maior profundidade em SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**: ensaios sobre riquezas, valores e preços. Rio de Janeiro: Ed. Telha, 2020.

PRIMEIRA PARTE: AS CATEGORIAS DE ANÁLISE ECONÔMICA

Introdução

As unidades de produção existem em função da sua capacidade de proporcionar certo resultado de interesse dos agentes econômicos que se apropriam da produção ou, o que é mais comum atualmente, do valor monetário da produção, por ela gerada. É a partir desses resultados que ocorre a reprodução material da sociedade. Em unidades de produção cujas atividades são voltadas exclusivamente para o consumo do agricultor e da sua família, o interesse do agricultor são os próprios produtos físicos obtidos. No entanto, estas unidades de produção de "subsistência" atualmente são responsáveis por uma pequena parte da produção. Assim, quase sempre os resultados econômicos proporcionados pelas unidades de produção de interesse dos seus gestores se expressam em termos monetários.

Embora esses resultados nem sempre estejam claramente definidos para esses gestores, isto não muda a realidade de que eles são necessários para a manutenção da unidade de produção. No entanto, para que possamos analisar esses resultados econômicos de forma objetiva é necessário que eles sejam traduzidos em categorias de análise rigorosamente definidas. Apenas a partir desta definição é que podemos analisar as atividades desenvolvidas em uma unidade de produção de forma a contribuir para a melhoria dos seus resultados econômicos.

Como já mencionado, os resultados econômicos fornecidos pelas unidades de produção se expressam por meio de valores monetários, os quais dependem da existência de preços. Por outro lado, é a partir das características físicas da produção é que esses preços são formados. E é muitas vezes sobre os aspectos físicos da produção que é possível contribuir para a melhoria dos resultados econômicos da unidade de produção. Por exemplo, pode-se analisar a produção por unidade de terra, ou as combinações entre as atividades, que proporcionariam os melhores resultados econômicos de uma unidade de produção. No entanto, esta análise não pode ser realizada somente a partir das quantidades físicas, sendo imprescindível a consideração dos preços dos produtos e dos meios de produção.

Evidentemente, há relações objetivas entre, por um lado, as quantidades físicas dos produtos e dos meios de produção e, por outro lado, os seus preços. E é justamente a partir dessas relações que podemos definir as categorias de análise econômica de unidades de produção. Os objetivos da

primeira parte desse texto são a análise dessas relações e a definição das categorias econômicas dela decorrente.[2]

As categorias e a realidade

Uma categoria corresponde a uma representação no pensamento de uma determinada realidade. Na economia, portanto, o que é elaborado abstratamente na consciência dos seres humanos, os chamados "conceitos", sempre refletem determinada realidade. Neste sentido eles não são apenas "ferramentas" de análise que podem ser elaborados livremente, apenas em função da necessidade de compreensão do indivíduo, de forma arbitrária. Ao contrário, estas próprias "ferramentas" não podem ser dissociadas de certa compreensão da natureza da realidade. É por esta razão que, para o emprego de determinado conceito ou método, é imprescindível a realização de uma rigorosa "análise categorial" (ou seja, da sua análise como categoria) de forma a proporcionar uma clara compreensão da sua natureza. Isto é ainda mais importante quando se trata das categorias fundamentais a partir das quais se definem as demais categorias empregadas na economia, como renda, lucro e juro.

As categorias fundamentais da economia: riqueza, valor e preço

Há, fundamentalmente, três formas de analisar a reprodução material das sociedades modernas. A primeira é por meio da análise dos fluxos dos produtos necessários à vida dos seus habitantes. A segunda é por meio do fluxo de tempo de trabalho dispensado por esses habitantes para gerar tais produtos. A terceira é por meio do fluxo dos valores monetários por meio dos quais são realizadas as trocas entre esses produtos. As categorias fundamentais de análise econômica são definidas a partir dessas formas de analisar a reprodução material da sociedade. Como veremos, essas categorias estão intimamente relacionadas entre elas.

A primeira, e mais importante, dessas categorias é a da riqueza (os produtos citados anteriormente), ou seja, tudo o que é considerado útil pelos seres humanos, tornando-se assim necessário para a reprodução da sociedade. Salientamos que, de acorno com a concepção aqui adotada, a riqueza não corresponde a um estoque de valor, como normalmente ela é concebida, tanto nas teorias econômicas correntes como pelo senso comum. Portanto, ser rico não é possuir muito

2 Esta parte foi escrita baseada nas seguintes referências:
SILVA NETO, B.; **Agroecologia e análise econômica de sistemas de produção:** uma abordagem baseada no materialismo histórico e dialético. Cerro Largo, Ed. UFFS, 2016
SILVA NETO, B. A importância das rendas diferenciais na teoria dos preços de Marx. **Desenvolvimento em Questão**, ano 16, número 44, p. 9-41, jul/set 2018.
SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx:** ensaios sobre riquezas, valores e preços. Rio de Janeiro : Ed. Telha, 2020.

dinheiro, porque o dinheiro apenas nos dá acesso às riquezas, mas não se constitui, em si mesmo algo útil, ou seja, ninguém consome dinheiro, mas sim o que o dinheiro pode comprar. E o que garante que o dinheiro possua poder de compra é o fato disto ser assegurado por certas relações sociais e, portanto, pela sociedade, como um meio de troca e de reserva de valor. Sem esta determinação social, o dinheiro seria apenas um pedaço de papel ou de metal (ou um simples registro contábil de uma dívida ou de um crédito, sem nem mesmo possuir um suporte físico).

O caráter fundamental da riqueza, portanto, decorre da sua "prioridade ontológica" sobre as demais, isto é, sem a riqueza nenhuma outra categoria econômica poderia existir. Isto se verifica não apenas logicamente, como por exemplo, o preço originalmente sempre é atribuído a uma riqueza. Por outro lado, é evidente que pode haver riquezas sem preços. E esta prioridade ontológica se verifica também historicamente, pois, seguindo nosso exemplo, existiram muitas sociedades em que as riquezas não se vincularam a valores monetários.

Enfim, é importante salientar que as riquezas possuem um caráter qualitativo, não sendo comensuráveis relativamente, ou seja, uma riqueza não possui medida em comum com outra riqueza. Isto impede a realização de operações matemáticas diretamente com as riquezas. Por exemplo, não é possível multiplicar caminhões por galinhas!

Para que as riquezas possam ser comparadas quantitativamente é necessário que haja um elemento comum a todas elas. O trabalho humano pode ser considerado como este elemento comum, embora isto não signifique que toda riqueza seja produzida pelo trabalho humano. Os sistemas naturais também produzem riquezas (os chamados recursos naturais, por exemplo). No entanto, o trabalho é sempre necessário para que uma riqueza seja utilizada pelos seres humanos, nem que seja a partir da sua simples extração da natureza. Portanto, uma substância da natureza que não é útil ou que não pode ser explorada não é uma riqueza. Podemos, assim, definir o valor como o tempo de trabalho socialmente necessário para a produção de uma riqueza pelos seres humanos a partir da transformação de uma riqueza fornecida pela natureza.

O valor, assim definido, é o fundamento do preço, que é a expressão monetária do maior tempo de trabalho socialmente necessário para a geração de uma riqueza. Em outras palavras, é a expressão monetária do valor "marginal" em tempo de trabalho em relação à quantidade produzida. O preço é o parâmetro empregado para as trocas de riquezas (poder de compra). Ele é também uma informação aos agentes microeconômicos para a alocação dos recursos produtivos de uma unidade de produção.

A teoria do valor-trabalho

Ao observarmos os preços de um produto é evidente ele é proporcional ao tempo de trabalho aplicado para a sua produção. Isto explica, por exemplo, porque produtos como fumo, frutas e hortaliças são mais caros do que arroz, feijão e soja. Isto também explica porque a produção de fumo e a horticultura são atividades típicas de pequenas propriedades, ou seja, são capazes de proporcionar uma renda aos agricultores em unidades de produção em que a disponibilidade de trabalho por área é muito maior do que nas unidades de produção voltadas para a produção de grãos.

Além disto, pode-se também facilmente observar que a geração de um produto em um elo da sua cadeia produtiva constitui-se em um processo de agregação de valor que é diretamente proporcional ao tempo de trabalho nela aplicado. Por exemplo, a fabricação do queijo a partir do leite, ou a fabricação de embutidos partir da carne (salame, por exemplo) são processos de agregação de valor que só podem ser explicados adequadamente a partir do tempo de trabalho que eles requerem.

É fácil perceber que este processo de agregação de valor dificilmente pode ser explicado a partir da utilidade dos produtos. Retomando os exemplos citados anteriormente, será que é possível afirmar que o fumo é mais útil do que o arroz ou o feijão para justificar o seu preço maior em relação a estes produtos? E pouco adianta evocar a "utilidade marginal" (ou seja, a da unidade de produto mais cara) para justificar os preços relativos, pois, de qualquer forma é necessário conhecer a utilidade de um produto para que se possa obter a sua utilidade marginal. Enfim, a determinação dos preços baseada na utilidade se torna ainda mais complicada quando se trata de meios de produção (mesmo a partir da demanda dos produtos de consumo final), na medida em que isto exigiria analisar quantitativamente combinações de meios de produção para estabelecer o seu custo. Mas isto exigiria medir quantitativamente a utilidade, o que não é possível.

Fica clara assim a enorme fragilidade de teoria do valor-utilidade defendida pelos economistas neoclássicos.

Relações entre riquezas, valores e preços

Como visto no item anterior, quando as riquezas são associadas a preços, estes dependem de quanto trabalho é necessário para a sua produção. No entanto, em condições heterogêneas de produção, ou seja, quando um produto pode ser gerado em diferentes condições técnicas, o seu preço depende da quantidade demandada pela sociedade. Isto porque a concorrência entre os produtores faz com que os produtos gerados com menor tempo de trabalho (maior produtividade do trabalho) sejam vendidos mais facilmente (pois seus preços são menores). Portanto, quanto maior a demanda, produtores com produtividade menor passam a ser necessários para supri-la. Para compreender como isto ocorre, vamos considerar inicialmente como o custo total em tempo de trabalho varia com o aumento da quantidade demandada, mostrado na figura 1.

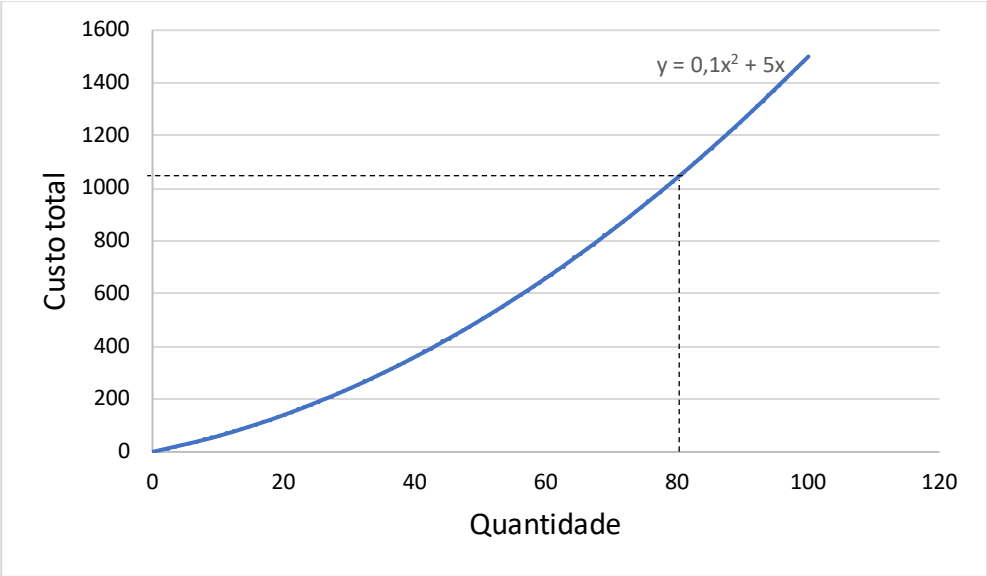


Figura 1: Variação do custo total em tempo de trabalho em função da quantidade.

A partir da curva mostrada na figura 1 obtemos o preço que corresponde à taxa de variação do custo total em função da quantidade, ou seja,

$$p = \frac{dc_t}{dq}$$

Como o custo total em tempo de trabalho mostrado na figura 1, corresponde ao que denominamos de valor, o preço corresponde ao valor marginal. A variação do preço em função da quantidade, denominada curva de oferta, é mostrada na figura 2.

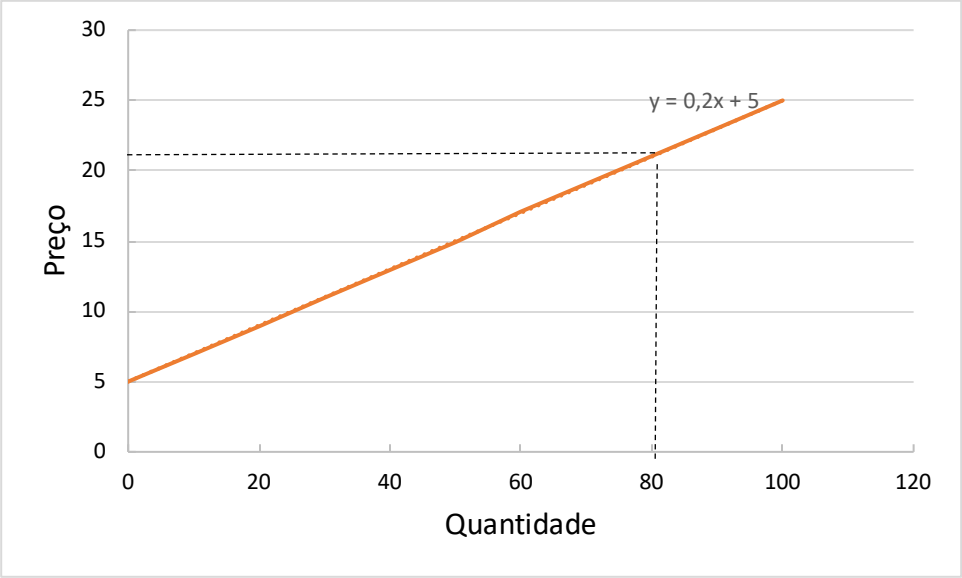


Figura 2: Variação do preço em função da quantidade.

Na figura 2 cada linha que vai da abscissa ("eixo dos x") até curva de oferta (linhas pontilhadas) representa o custo por unidade de produto observado em diferentes unidades de

produção. Como mostra a figura 2, este custo unitário é crescente a medida em que a quantidade se afasta da origem (intersecção entre os eixos "x e y"). Assim, quanto maior a quantidade demandada torna-se necessário produzir a custos mais altos (como é de se esperar).

Na figura 2, a quantidade (q) de 80 unidades de produto é a demandada pela sociedade. Disto decorre que o preço (p) de 21 unidades monetárias por unidade de produto obtido na ordenada corresponde a unidade de custo unitário mais elevado do produto ofertado que ainda é necessário para suprir a demanda (ou seja, o comprimento da linha tracejada vertical que vai de (q) ao valor de (p)). Em outras palavras o preço corresponde ao custo "marginal" do produto.

A partir disto pode-se demonstrar como se pode obter o preço do produto a partir do trabalho socialmente necessário para a sua produção. Ocorre que este trabalho socialmente necessário corresponde ao custo total de um produto (c_t). Este custo pode ser obtido pela soma do custo unitário multiplicada pela sua produção. Como a curva de oferta mostrada no gráfico anterior é contínua (isto é, cada custo unitário é multiplicado por uma quantidade infinitesimal), esta soma é a de todas as linhas verticais que vão da abscissa até a curva de oferta (paralelas a linha vertical pontilhada na figura 2).

Evidentemente, pode-se calcular esta soma pela determinação da área do trapézio sob a curva de oferta (na figura 2 este valor é de 1.040 unidades monetárias). Porém, no caso de curvas irregulares (com muitas curvas, por exemplo), a definição desta área pela sua identificação com figuras geométricas regulares não é possível. A forma mais geral de calcular a área abaixo de uma curva é por meio de uma operação matemática denominada "integração" (simbolizada por $\int$).

Neste caso geral, considerando a curva de oferta como a função,

$$p = f(q)$$

Sendo esta função como contínua e derivável, pode-se calcular o custo de produção total (c_t) de certa quantidade (q_p,), como,

$$c_t = \int_0^{q_p} p \, dq \tag{1}$$

No caso da curva mostrada na figura 2, como já mencionado, o custo total é de 1.040 unidades monetárias.

Como já vimos anteriormente, o preço (p) corresponde ao custo mais alto da unidade de produto necessária para satisfazer a demanda, denominado custo marginal. Este custo marginal pode ser calculado por uma operação matemática denominada "derivação" aplicada sobre a expressão (1), a qual é a mesma empregada para a obtenção do preço a partir da curva de custo total, é descrita como,

$$p = \frac{dc_t}{dq} \tag{2}$$

Como mostra a figura 2, todos os produtores recebem um mesmo preço (como, por exemplo, em um mercado em concorrência perfeita[3]). Neste caso, denominando o preço de p_p, e a quantidade necessária para satisfazer a demanda de (q_p), o valor monetário[4] total da produção (m_t) é,

$$m_t = p_p\, q_p \tag{3}$$

o qual, no caso da figura 2 é de 1.000 unidades monetárias.

Neste caso, os produtores que possuem custos mais baixos geram uma renda diferencial (r_d), cujo total é definido por,

$$r_d = \int_0^{q_p} (p_p - p)dq \tag{4}$$

que no caso da figura 2 é de 640 unidades monetárias.

Isto implica que o valor monetário total da produção (m_t) é,

$$m_t = c_t + r_d$$

ou seja, 1.680 = 1.040 + 640 no caso da figura 2). É importante salientar que custo de produção total não deve ser confundido com o valor monetário total da produção, na medida em que ele não inclui a renda, ou seja,

$$c_t = m_t - r_d \tag{5}$$

É por esta razão que o custo total de produção é denominado valor agregado. Este valor agregado, portanto, corresponde ao equivalente monetário do valor em tempo de trabalho socialmente necessário à produção.

Voltando a nossa curva de oferta, as categorias definidas acima são ilustradas na figura 3.

3 Como o faz MARX (1999) ao formular o problema da transformação de valores em preços.

4 Os valores monetários descritos neste artigo são obtidos a partir de preços relativos. A determinação do nível absoluto dos preços, expresso em uma moeda corrente (dólar ou real, por exemplo) implica considerar que, além de um meio de troca, a moeda desempenha outras funções na economia, conforme HOWARD, (2011).

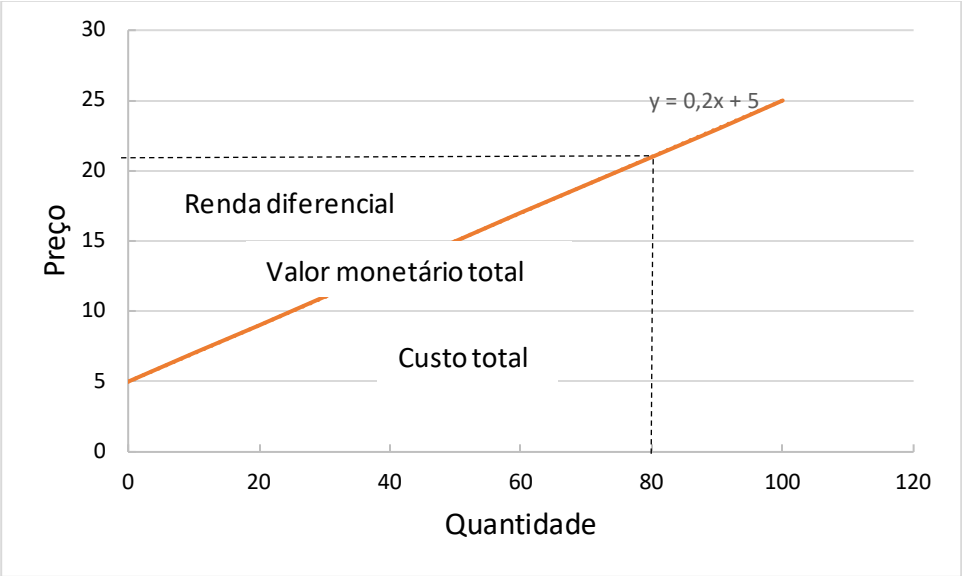


Figura 3: Curva de oferta e categorias econômicas fundamentais

Como podemos perceber pela curva de oferta representada na figura 3, o custo total representado pela área abaixo da curva é o custo mínimo necessário a produção (ou seja, o custo que corresponde ao trabalho socialmente necessário a produção). Isto porque, como pode ser observado pela curva de oferta, se alguma unidade de produto tiver um custo unitário maior do que o preço (p_p), haveria excesso de produto. A obtenção do custo total, portanto, pode ser realizada a partir de um problema de minimização do custo total, no qual são consideradas as restrições que impedem que o produto seja gerado apenas na condição técnica mais produtiva. Este custo mínimo pode ser formalizado por um problema de programação linear, denominado primal. E, a partir deste problema primal, pode-se obter um problema dual que fornece os preços correspondentes ao custo marginal do produto, assim como as rendas diferenciais provocadas pela escassez de recursos naturais, os quais, multiplicados pelas quantidades que figuram no lado direito das restrições do problema primal fornecem o máximo valor agregado possível nas condições técnicas consideradas.

Os problemas primal e dual descritos no parágrafo anterior formam um modelo macroeconômico a partir do qual se pode definir as condições de reprodução material da sociedade. A estrutura formal desse modelo será apresentada a seguir.

Em primeiro será realizada uma descrição literária do modelo formal. Assim, o sentido da agregação de valor (em tempo de trabalho) a partir dos diferentes tipos de riquezas é descrito no diagrama mostrado na próxima página. As setas mostradas acima representam relações de dependência. Neste sentido, para que possamos ter produtos de consumo final (como alimentos e

roupas) são necessários meios de produção (como máquinas e equipamentos) e estes, por sua vez, necessitam de recursos naturais para serem produzidos (como petróleo e minério de ferro).

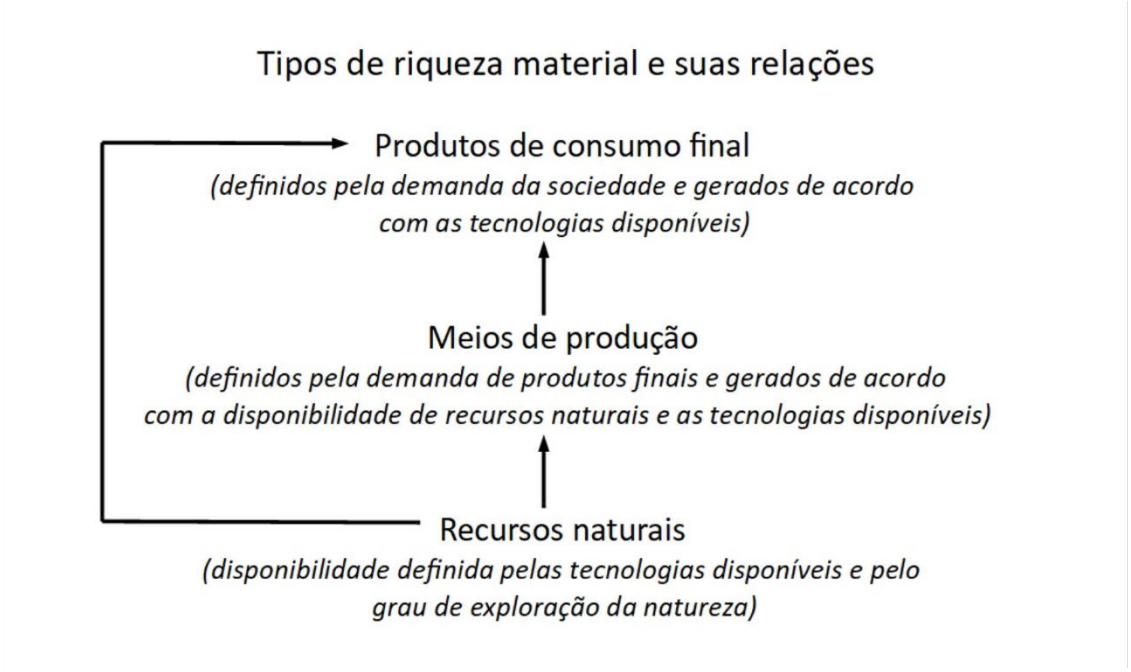


Figura 4: Agregação de valor a partir dos tipos de riquezas

Agora então podemos descrever o modelo propriamente dito. Sendo um modelo de programação linear, ele pode ser decomposto em dois problemas, denominados primal e dual. Vejamos a estrutura destes dois problemas. O problema primal, descrito (de forma literária) é,

Problema primal

- Função de minimização do tempo de trabalho socialmente necessário à produção considerando as técnicas disponíveis

Sujeita as restrições

- Demanda de produtos de consumo final >= D
- Meios de produção excedentes >= M (se M = 0, não há excedentes de meios de produção e o sistema se encontra em reprodução simples)
- Recursos naturais <= R

onde

as variáveis D, de M e R são exógenas, isto é, seus valores devem ser definidos pela sociedade antes do processo de otimização.

Solução do problema primal

O valor da função do problema primal fornece o mínimo de tempo de trabalho socialmente necessário a produção e as técnicas (denominadas "eficientes") que devem ser aplicadas para atingi-lo, considerando a demanda de produtos finais e de meios de produção a serem satisfeitas e os recursos naturais que podem ser explorados.

Mas, aqui surge a questão: o que levaria as técnicas eficientes, selecionadas pelo problema primal a serem aplicadas nas unidades de produção? A resposta é a seguinte: por meio de preços (denominados "de reprodução" ou "eficientes") definidos pela solução de um problema dual descrito (de forma literária) a seguir, obtido a partir do primal.

Problema dual

- Função de maximização do valor agregado monetário = valor monetário total dos produtos de consumo final e dos excedentes de meios de produção – rendas geradas pela exploração de recursos naturais escassos.

Sujeita às restrições,

- Agregação de valor a partir de técnicas eficientes

Solução do problema dual

A função do problema dual que maximiza o valor agregado fornece os preços que viabilizam economicamente a geração de produtos finais e de meios de produção com as técnicas eficientes (a mesmas definidas pelo problema primal). Ou seja, preços eficientes, pois são os que permitiriam uma reprodução material estável da sociedade descrita pelo modelo.

É interessante notar que os valores ótimos da função a ser minimizada do problema primal e a que deve ser maximizada pelo problema dual são os mesmos. Ou seja,

Mínimo tempo de trabalho socialmente necessário = Máximo valor agregado

Após esta descrição literária da estrutura formal do modelo, é apresentado a seguir um exemplo numérico. Este exemplo, bastante simples, consiste de uma economia em que apenas dois produtos de consumo "*a*" e "*f*" (arroz e feijão) são gerados a partir de apenas dois meios de produção "*m*" (máquinas) e "*d*" (óleo diesel), sendo que a funcionamento de "*m*" depende de "*d*". Enfim o meio de produção "*d*" depende de um recurso natural que pode ser escasso, "*rn*" (como o petróleo). Os demais recursos naturais para a fabricação das máquinas, como o ferro, e para a produção de arroz e feijão, como a terra, são abundantes, não apresentando custos de extração (em trabalho e, portanto, também em valores monetários). Cada produto de consumo final e meio de produção pode ser produzido a partir de duas técnicas diferentes, uma mais intensiva em meios de produção e outra mais

intensiva em tempo de trabalho. O sistema econômico assim formado encontra-se em reprodução simples (ou seja, sem excedentes de meios de produção para o crescimento econômico).

O problema primal do modelo consiste em encontrar as técnicas e as quantidades de meios de produção que permitem minimizar o tempo de trabalho socialmente necessário para a produção respeitando a quantidade de recurso natural que pode ser explorada a cada ciclo, conforme descrito abaixo (na linguagem LINDO, implementável no programa livre LpSolve, que pode ser obtido em https://sourceforge.net/projects/lpsolve/).

min 2 a1 + 10 a2 + 3 f1 + 12 f2 + m1 + 3 m2 + 0.8 d1 + 2 d2 (6)

st

da) a1 + a2 >= 100 (7)

db) f1 + f2 >= 40 (8)

dm) - 8 a1 - 6 a2 - 5 f1 - 3 f2 + m1 + m2 >= 0 (9)

dd) - 3 m1 - 2 m2 + d1 + d2 >= 0 (10)

rn) d1 + 0.6 d2 <= 2700 (11)

end

O problema dual consiste em encontrar os preços que maximizam o valor agregado (no ciclo de produção), respeitadas as restrições técnicas a sua formação, conforme descrito abaixo (também na linguagem LINDO),

max 100 pa + 40 pf + 0 pm + 0 pd - 2700 rn (12)

st

a1) pa - 8 pm <= 2 (13)

a2) pa - 6 pm <= 10 (14)

f1) pf - 5 pm <= 3 (15)

f2) pf - 3 pm <= 12 (16)

m1) pm - 3 pd <= 1 (17)

m2) pm - 2 pd <= 3 (18)

d1) pd - rn <= 0.8 (19)

d2) pd - 0.6 rn <= 2 (20)

end

A solução do modelo é mostrada na tabela 1, mostrada na próxima página.

Tabela 1: Solução do modelo para escolha das técnicas eficientes e preços de produção

Produto e técnica; e recurso natural	Quantidade	Preço (ou renda)
a1	50	34
a2	50	
f1	40	23
f2	0	
m1	900	4
m2	0	
d1	2700	1
d2	0	
rn (renda)	2700	0,2

A partir destas quantidades e preços, assim como a renda gerada pela escassez do recurso natural, considerando o tempo de trabalho necessário para gerar os produtos finais e os meios de produção, de acordo com a técnica empregada, os resultados das funções do problema primal e do dual fornecem o mesmo valor (o qual é de 3.780), ou seja,

$$min\ 2\ a1 + 10\ a2 + 3\ f1 + 12\ f2 + m1 + 3\ m2 + 0.8\ d1 + 2\ d2 = max\ 100\ pa + 40\ pf + 0\ pm + 0\ pd - 2000\ rn \quad (21)$$

Estrutura formal do modelo

Vamos agora descrever a estrutura formal do modelo em linguagem simbólica, por meio de uma versão simplificada correspondente à sua descrição mostrada na figura 4. O problema primal do modelo é descrito como,

Minimização do tempo de trabalho socialmente necessário à produção

$$Minimizar\ \sum c_i^l q_i^l + \sum c_z^x k_z^x \quad (22)$$

Sujeito às restrições

Demanda de produtos para consumo final

$$\sum q_i^l \geq D_i \quad (23)$$

Demanda de meios de produção

$$\sum k_z^x - \sum a_{iz}^l q_i^l \geq K_z \quad (24)$$

Nível de exploração dos recursos naturais

$$\sum n_{jz}^x k_z^x \leq R_j \quad (25)$$

onde,

c_i^l= quantidade *c* de trabalho necessária por unidade do produto *i* com a técnica *l*.

q_i^l= quantidade *q* do produto *i* fabricado com a técnica *l.*

c_z^x= quantidade *c* de trabalho necessário por unidade de meio de produção *z* gerado com a técnica *x*.

k_z^x= quantidade *k* do meio de produção *z* gerado com a técnica *x.*

D_i= quantidade demandada *D* de produto *i.*

K_z = excedente do meio de produção *z* (reprodução simples: $K_z = 0$)

a_{iz}^l= quantidade *a* do meio de produção *z* necessária para produzir uma unidade do produto *i* com a técnica *l.*

n_{jz}^x= quantidade *n* do recurso natural *j* necessário para gerar o meio de produção *z* com a técnica *x*.

Rj = quantidade *R* do fluxo do recurso natural *j*.

O modelo dual modelo é descrito como,

Maximização do valor agregado

$$Maximizar \sum D_i p_i + \sum K_z p_z - \sum R_j r_j \tag{26}$$

Sujeito às restrições

Formação dos preços dos produtos finais

$$p_i - \sum a_{zi}^l p_z \leq c_i^l \tag{27}$$

Formação dos preços dos meios de produção e da renda dos recursos naturais

$$p_z - \sum n_{zj}^x r_j \leq c_z^x \tag{28}$$

onde, além das variáveis do problema primal, já descritas, temos,

p_i= preço do produto *i.*

p_z = preço do meio de produção *z* (gerado pelo trabalho).

r_j = renda gerada pelo recurso natural *j.*

De acordo com o teorema da dualidade, com as soluções ótimas temos,

$$Mínimo \sum c_i^l q_i^l + \sum c_z^x k_z^x = Máximo \sum D_i p_i + \sum K_z p_z - \sum R_j r_j \tag{29}$$

Neste modelo simplificado observa-se claramente que a formação dos preços ocorre a partir de um processo de agregação de valor monetário, o qual tem início com a formação das rendas diferenciais provocadas pela escassez do recurso natural. É importante salientar, no entanto, que tal escassez corresponde aos fluxos dos recursos naturais e não aos seus estoques. Isto implica que a escassez de um estoque só pode ser detectada quando esta limita o fluxo dos recursos naturais, ou quando a exploração de um recurso natural é deliberadamente limitada, dadas as técnicas de exploração existentes.

A seguir é apresentada uma versão mais completa do modelo. Nesta versão os meios de produção foram separados entre os consumidos em um ciclo de produção (monocíclicos) e os consumidos em mais do que um ciclo de produção (multicíclicos). Além disto foi considerado que a geração de produtos de consumo final também pode empregar recursos naturais diretamente. Assim, o problema primal pode ser descrito como,

Minimização do tempo de trabalho:

$$\textit{Minimizar}\ \sum c_i^l y_i^l + \sum c_z^m y_z^m + \sum c_d^h y_d^h + \sum c_n^s y_n^s + \sum c_n^s E_n^s + \sum c_e^o y_e^o + \sum c_e^o E_e^o \tag{30}$$

Sujeito às restrições

Demanda de produtos para consumo final:

$$\sum y_i^l \geq D_i \tag{31}$$

Uso de recursos naturais para a geração de produtos de consumo final:

$$\sum x_{ui}^l y_i^l \leq R_u \tag{32}$$

Demanda de meios de produção monocíclicos para a geração de produtos finais:

$$\sum y_z^m - \sum x_{zi}^l y_i^l \geq E_z \tag{33}$$

Demanda de meios de produção monocíclicos para a geração de outros meios de produção:

$$\sum y_d^h - \sum x_{dz}^m y_z^m - \sum x_{dn}^s y_n^s \geq E_d \tag{34}$$

Demanda de meios de produção multicíclicos usados para a geração de meios de produção monocíclicos e de produtos de consumo final:

$$\sum y_n^s - \sum x_{nz}^s y_z^m - \sum x_{ni}^s y_i^l \geq E_n \tag{35}$$

Aumento do estoque de meios de produção multiciclicos usados para a geração de meios de produção monocíclicos e produtos de consumo final:

$$\sum T_n^s = v_n E_{n.} \tag{36}$$

Demanda de meios de produção multicíclicos para a geração de outros meios de produção multicíclicos:

$$\sum y_e^o - \sum x_{en}^o y_n^s \geq E_e \tag{37}$$

Aumento do estoque de meios de produção multicíclicos necessários para a produção de outros meios de produção multicíclicos:

$$\sum T_e^o = v_e E_e \tag{38}$$

Nível de exploração dos recursos naturais necessários para a produção dos meios de produção empregados para a geração de outros meios de produção:

$$\sum x_{jd}^h y_d^h + \sum x_{je}^o y_e^o + \sum x_{je}^o T_e^o \leq R_j \tag{39}$$

onde,

c = tempo de trabalho necessário para a geração de um produto o indicado pela letra subscrita com a técnica indicada pela letra sobrescrita (por exemplo c_i^l = tempo de trabalho c necessário para a geração do produto i com a técnica l)

x = quantidade do produto (ou recurso natural) indicado pela primeira letra subscrita, necessária para a geração de uma unidade do produto indicado pela segunda letra subscrita, com a técnica indicada pela letra sobrescrita (por exemplo x_{jd}^h = quantidade x do recurso natural j necessário para a geração de uma unidade do produto d com a técnica h)

y = quantidade do produto indicado pela primeira letra subscrita, gerada com a técnica indicada pela letra sobrescrita.

D = demandas de produtos de consumo final

E = excedentes gerados por ciclo de produção

T = aumento do estoque de meios de produção multicíclicos

v = vida útil dos meios de produção multicíclicos

z, d = meios de produção monocíclicos

n, e = meios de produção multicíclicos

l, m, h, s, o = técnicas de produção

u, j = recursos naturais

A partir do problema primal foi deduzido o problema dual. Esta dedução é realizada considerando que a matriz de coeficientes das restrições do problema dual corresponde a matriz transposta dos coeficientes das restrições do problema primal. Com isto, os coeficientes do vetor da função a ser minimizada (ou maximizada) do problema primal corresponde aos coeficientes do vetor que figura no lado direito das restrições do problema dual. Assim obtido, o problema dual do modelo dual fornece os preços dos produtos finais, dos meios de produção e das rendas geradas pela escassez de recursos naturais que maximizam o valor agregado considerando as condições técnicas especificadas no problema primal. O problema dual obtido é descrito como,

Maximização do valor monetário agregado:

$$\text{Maximizar } \sum D_i p_i - \sum R_u r_u + \sum E_z p_z + \sum E_d p_d + \sum E_n p_n + \sum T_n p_t + \sum E_e p_e + \sum T_e p_k - \sum R_j r_j \tag{40}$$

Sujeito à restrição

Formação dos preços dos produtos de consumo final:

$$p_i - \sum x_{zi}^l p_z - \sum x_{ni}^s p_n - \sum x_{ui}^l r_u \leq c_i^l \tag{41}$$

Formação dos preços dos meios de produção monocíclicos empregados para a geração de produtos de consumo final:

$$p_z - \sum x_{dz}^m p_d \leq c_z^m \quad (42)$$

Formação dos preços dos meios de produção monocíclicos empregados para a geração de meios de produção:

$$p_d - \sum x_{nd}^s p_n - \sum x_{jd}^h r_j \leq c_d^h \quad (43)$$

Formação dos preços dos meios de produção multicíclicos empregados para a geração de meios de produção multicíclicos:

$$p_n - \sum x_{en}^s p_e \leq c_n^s \quad (44)$$

Formação dos preços dos meios de produção multicíclicos conforme a expressão (15) a partir da formação dos seus estoques:

$$p_t - \sum x_{en}^s p_e \leq c_n^s \quad (45)$$

Formação dos preços dos meios de produção multicíclicos empregados para a geração de meios de produção multicíclicos:

$$p_e - \sum x_{je}^o r_j \leq c_e^o \quad (46)$$

Formação dos preços dos meios de produção multicíclicos conforme a expressão (17) a partir da formação dos seus estoques:

$$p_k - \sum x_{je}^o r_j \leq c_e^o \quad (47)$$

onde, além das variáveis do problema primal, já descritas, temos,

p_i= preço do produto *i.*

r_u= renda gerada pela escassez do recurso natural *u* (empregado diretamente para a geração de produtos finais).

p_z = preço do meio de produção cíclico *z* (empregado para a geração de produtos finais)

p_d = preço do meio de produção cíclico *d* (empregado para a geração de meios de produção)

p_n = preço do meio de produção multicíclico *n* (calculado a partir da sua reposição)

p_t = preço do meio de produção multicíclico *t* (calculado a partir do seu estoque)

p_e = preço do meio de produção multicíclico *e* (calculado a partir da sua reposição)

p_k = preço do meio de produção multicíclico *k* (calculado a partir do seu estoque)

r_j= renda gerada pela escassez do recurso natural *j* (empregado para a geração de meios de produção).

Evidentemente, os preços dos meios de produção multicíclicos que são repostos e o preço desses meios de produção são os mesmos, ou seja, $p_n = p_t$ e $p_e = p_k$.

De acordo com o teorema da dualidade, com as soluções ótimas temos,

$$\begin{aligned} &Minimizar\ \sum c_i^l y_i^l + \sum c_z^m y_z^m + \sum c_d^h y_d^h + \sum c_n^s y_n^s + \sum c_n^s E_n^s + \sum c_e^o y_e^o + \sum c_e^o E_e^o = \\ &Maximizar\ \sum D_i p_i - \sum R_u r_u + \sum E_z p_z + \sum E_d p_d + \sum E_n p_n + \sum T_n p_t + \sum E_e p_e + \sum T_e p_k \\ &\qquad -\sum R_j r_j \end{aligned} \tag{48}$$

ou seja, o mínimo de trabalho socialmente necessário (valor em tempo de trabalho) para satisfazer a demanda de produtos finais, e de meios de produção, corresponde ao máximo valor agregado monetário, consideradas as condições de produção, as exigências de excedentes de meios de produção e o grau de exploração dos recursos naturais.

Exemplos numéricos de curvas de oferta

Dois exemplos numéricos serão apresentados para ilustrar as relações entre trabalho socialmente necessário, valor monetário e rendas diferenciais que podem ser observadas em uma curva de oferta.

Exemplo 1

Esse exemplo, no qual cada atividade necessita de um recurso natural com características específicas é conhecido na literatura como renda diferencial I. Considera-se que um produto agrícola pode ser gerado em cinco tipos de solo com diferentes fertilidades. A mesma técnica é aplicada em cada tipo de solo, o que implica que o mesmo tempo de trabalho e a mesma quantidade de meios de produção, ambos por unidade de superfície, é aplicada em cada tipo de solo. Por outro lado, como cada tipo de solo possui fertilidade diferente dos demais, estes proporcionam produções diferentes por unidade de superfície, o que implica que o tempo de trabalho por unidade de produto (produtividade do trabalho) é diferente de acordo com o tipo de solo. Assim, o problema primal fornece as quantidades de produto agrícola e de meio de produção a serem produzidas em cada tipo de solo de forma que o trabalho a ser empregado seja o mínimo possível. O modelo primal é descrito como,

$$Minimizar\ q_1 + 2\,q_2 + 3\,q_3 + 4\,q_4 + 5\,q_5 + k \tag{49}$$

sujeito às restrições

$$dpc)\quad q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 >= D \tag{50}$$

$$dmp)\quad q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 - k <= 0 \tag{51}$$

$$c1)\quad q_1 <= 1 \tag{52}$$

$$c2)\quad q_2 <= 1 \tag{53}$$

$$c3)\quad q_3 <= 1 \tag{54}$$

$$c4)\quad q_4 <= 1 \tag{55}$$

$$c5)\quad q_5 <= 1 \tag{56}$$

onde as variáveis são,

q_i = quantidade q do produto agrícola gerada no tipo de solo i, sendo i = 1 a 5;

k = quantidade k de meio de produção necessário para fabricar o produto agrícola;

D = variável exógena que exprime a demanda total do produto agrícola.

e quanto às restrições,

dpc = quantidade a ser produzida (demanda) do produto agrícola;

dpm = quantidade a ser produzida (demanda) do meio de produção;

c_i = condição de produção que limita a quantidade de produto agrícola gerado na tipo de solo i, sendo i = 1 a 5.

A partir do problema primal obtém-se o problema dual que fornece os preços que maximizam o valor monetário. O problema dual é descrito como,

$$Maximizar\ D\ pq - 0\ pk - rc_1 - rc_2 - rc_3 - rc_4 - rc_5 \quad (57)$$

Sujeito às restrições

$$pqkrc_1)\quad pq - pk - rc_1 <= 1 \quad (58)$$

$$pqkrc_2)\quad pq - pk - rc_2 <= 2 \quad (59)$$

$$pqkrc_3)\quad pq - pk - rc_3 <= 3 \quad (60)$$

$$pqkrc_4)\quad pq - pk - rc_4 <= 4 \quad (61)$$

$$pqkrc_5)\quad pq - pk - rc_5 <= 5 \quad (62)$$

$$lpk)\quad pk <= 1 \quad (63)$$

onde as variáveis são,

pq = preço do produto agrícola;

pk = preço do meio de produção necessário para a fabricação do produto agrícola;

rc_i = renda diferencial proporcionada pela limitação da quantidade gerada do produto agrícola na parcela i, sendo i = 1 a 5.

e quanto às restrições,

$pqkrc_i$ = ligação entre o preço do produto agrícola, o preço do meio de produção e a tipo de solo i, sendo i = 1 a 5;

lpk = limitação do preço do meio de produção ao trabalho necessário para a sua produção.

Com as quantidades produzidas por meio das técnicas que minimizam o tempo de trabalho (problema primal) e os preços que maximizam o valor agregado (problema dual), temos

$$Mínimo\ q_1 + 2\ q_2 + 3\ q_3 + 4\ q_4 + 5\ q_5 + k = Máximo\ D\ pq - 0\ pk - rc_1 - rc_2 - rc_3 - rc_4 - rc_5 \quad (64)$$

Devido à simplicidade do exemplo os preços obtidos correspondem a números discretos, equivalentes à quantidade de trabalho por unidade de produto exigido em cada tipo de solo acrescido do preço do meio de produção, que é de uma unidade. As soluções fornecidas pelo exemplo são,

portanto, triviais. Como cada tipo de solo só pode produzir até uma unidade de produto (variando a sua área), no problema primal o número de tipo de solo corresponde ao montante da demanda. No problema dual, como já mencionado, o preço do produto de consumo final corresponde ao montante da demanda em números inteiros, acrescido do preço do meio de produção. Por esta razão a curva de oferta obtida a partir do modelo possui a forma de uma "escada", o que indica que, se a quantidade a ser ofertada for um número fracionário, o preço será o número inteiro subsequente ao da quantidade demandada acrescido do preço do meio de produção. Isto ocorre devido ao número limitado de técnicas e meios de produção disponíveis, assim como pelos valores dos coeficientes das variáveis endógenas do modelo. A forma da curva de oferta obtida, apesar da extrema simplicidade do exemplo, indica que as curvas de oferta, em condições reais de produção, devem ser extremamente irregulares. Isto porque as condições de produção reais são muito diferentes entre si quanto à exigência de recursos naturais, à capacidade de produção e à produtividade do trabalho que elas permitem alcançar, além de apresentar um caráter discreto. A simplicidade do exemplo apresentado, por outro lado, facilita o cálculo dos valores a ele relacionados (na medida em que as áreas são formadas por retângulos). Enfim, é interessante observar o quanto são irrealistas as curvas de oferta, em geral contínuas e lineares, apresentadas nos manuais baseados na economia neoclássica, o que pode induzir a uma compreensão distorcida do comportamento das relações entre os preços e a produção.

Para ilustrar como podem ser obtidos os valores relativos à curva dos preços do produto de consumo em função da quantidade, foi considerada a solução obtida por meio do modelo em função da demanda. A partir dos resultados foi elaborada a figura 5, que mostra a curva de oferta com o valor monetário total, o custo total e a renda diferencial. Nesta figura o valor monetário total da produção corresponde ao retângulo delimitado pelas linhas em negrito, sendo a área abaixo da curva de oferta, delimitada à direita pela linha vertical em negrito, correspondente ao custo total e área acima da curva de oferta, delimitada acima pela linha horizontal, correspondente à renda diferencial.

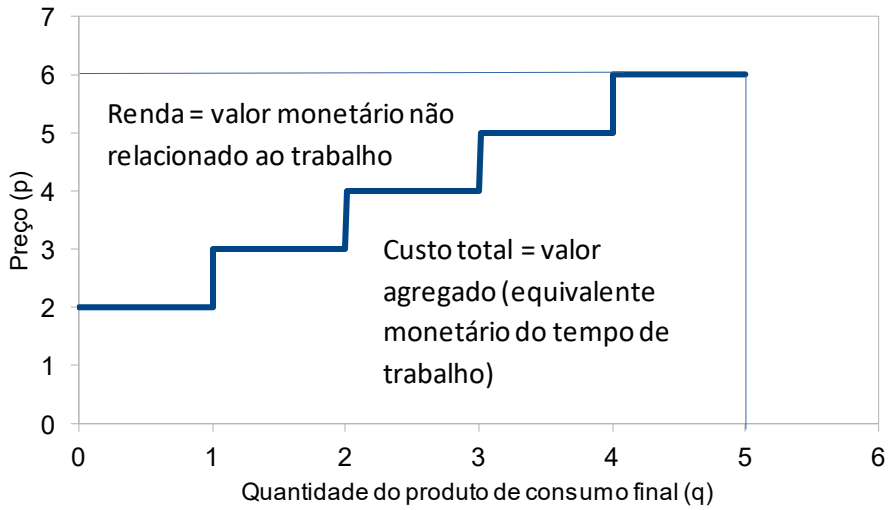


Figura 5: Curva de oferta do preço do produto de consumo final em função da quantidade, mostrando o custo total da produção, o valor monetário total e a renda diferencial.
Fonte: elaborado pelo autor

Os cálculos dos valores do custo total, da renda diferencial e do valor monetário total, realizados a partir da solução do modelo, são descritos na tabela 2. O trabalho total aplicado para a fabricação dos meios de produção e dos produtos de consumo final observado na figura 5 corresponde à área da figura 5 abaixo da curva de oferta delimitada pela linha vertical traçada a partir da quantidade de 3,2 unidades. Esta área corresponde à soma da área dos retângulos abaixo da curva. Na tabela 3 é mostrado este cálculo para uma demanda (D) de 3,2 unidades, do que resulta um custo total de 10 unidades (2 + 3 + 4 + (5*0,2 = 1) = 10). O mesmo valor do trabalho total é obtido pelo cálculo do valor monetário cujo resultado é mostrado na última linha da tabela 3, o qual correspondente ao valor da produção subtraído das rendas diferenciais. O valor da produção é obtido pela multiplicação das 3,2 unidades físicas de produto multiplicado pelo preço de 5 unidades monetárias, do que resulta 16 unidades ($q \times p$). O mesmo resultado é obtido pela soma do valor da produção obtido com cada técnica (sem contar o valor do meio de produção, pois este já está contido no preço dos produtos de consumo), conforme mostrado na terceira linha da tabela 3. O total da renda diferencial na figura 1, para uma demanda de 3,2 unidades, corresponde à área acima da curva é a soma da renda diferencial gerada em cada condição de produção mostrada na quarta linha da tabela 3, que resulta em 6 unidades.

Tabela 2. Valores obtidos a partir da solução do modelo considerando uma demanda de produtos de consumo final de 3,2 unidades físicas.

Produto e técnica	q1	q2	q3	q4	q5	k
Produção	1	1	1	0,2	0	3,2
Trabalho aplicado	1	2	3	0,8	0	3,2
Valor da produção	5	5	5	1	0	3,2
Meio de produção	1	1	1	0,2	0	
Valor meio de prod.	1	1	1	0,2	0	
Renda diferencial	3	2	1	0	0	
Valor agregado	1	2	3	0,8	0	3,2

Fonte: elaborado pelo autor.

É interessante observar que a subtração das rendas diferenciais do valor da produção é em geral interpretada como uma forma de exploração dos trabalhadores na medida em que a extração de uma renda significa a apropriação de parte do produto por um agente externo que não participou do processo produtivo. No entanto, são as rendas diferenciais que permitem que os produtores que realizam um trabalho socialmente necessário possam ser remunerados de acordo com o seu trabalho. Neste sentido, é possível interpretar a subtração das rendas diferenciais como expressão do caráter social da produção. Este fenômeno é ilustrado na tabela 3, elaborada a partir da solução do exemplo numérico apresentado. Salientamos que na tabela 3 a produção é obtida pelas 8 unidades de trabalho divididas pelo trabalho exigido para produzir uma unidade de produto em cada condição de produção, o valor da produção é obtido pela multiplicação da produção pelo preço do produto e o valor monetário é calculado pelo valor da produção menos o valor do meio de produção menos a renda diferencial.

Como pode ser observado na tabela 3, o emprego de 8 unidades de trabalho nas condições de produção que compõe a base ótima (1 a 4, isto é, nas quais a solução ótima do modelo indica uma produção não nula, como mostrado na primeira linha da tabela 2), proporcionam um valor monetário de 8 unidades. Tal valor monetário é, portanto, numericamente equivalente ao trabalho aplicado. Como o trabalho aplicado nas condições que compõem a base ótima é necessário e suficiente para a satisfação da demanda, ele pode ser interpretado como o "trabalho socialmente necessário" descrito na literatura marxista. Já o trabalho empregado na condição de produção 5 (q5) proporciona um valor monetário de apenas 6,4 unidades, portanto menor do que as 8 unidades de trabalho aplicadas, como pode ser observado na tabela 3. Assim, a "eficiência" dos preços fornecidos pela solução do modelo

significa também que estes permitem aos produtores identificar as condições de produção menos vantajosas economicamente.

Nas duas últimas linhas da tabela 3 são mostradas as taxas de lucro, sem e com a adição das rendas diferenciais. Como pode ser observado nesta tabela, as taxas de lucro não possuem uma clara correlação com as condições de produção (técnicas) eficientes. Isto implica que, se as taxas de lucro sem as rendas diferenciais (penúltima linha da tabela 4) forem adotadas como critério para a escolha das técnicas levaria os produtores a abandonar as técnicas eficientes 1 a 3 para adotar, não apenas as técnicas eficientes 4, mas também a técnica ineficiente 5. No caso em que as rendas diferenciais fossem incluídas no lucro, os produtores tenderiam a privilegiar fortemente um número limitado de técnicas que, embora eficientes, permitem a geração de uma quantidade limitada de produtos. No caso em que o limite ao emprego de tais técnicas fossem recursos naturais haveria, portanto, uma forte pressão dos produtores para aumentar a exploração de tais recursos, o que poderia colocar problemas para a sustentabilidade ecológica do sistema econômico. Os resultados mostrados na tabela 4 confirmam que a taxa de lucro é um critério ineficiente de alocação de recursos, sendo que isto se verifica com ou sem a consideração das rendas diferenciais no seu cálculo. Tal ineficiência faz com que a sua adoção como critério de decisão pelos produtores provoque a formação de preços ineficientes, perturbando o processo de reprodução econômica da sociedade.

Tabela 3. Valores gerados pelo emprego de 8 unidades de trabalho, considerando os dados da solução do exemplo numérico e lucro correspondente a 20% do valor agregado.

Produto e técnica	q1	q2	q3	q4	q5	k
Produção	8	4	2,67	2	1,6	8
Valor da produção	40	20	13,33	10	8	8
Valor do meio de produção	8	4	2,67	2	1,6	
Renda diferencial	24	8	2,67	0	0	
Valor agregado	8	8	8	8	6,4	8
Lucro	1,6	1,6	1,6	1,6	1,28	1,6
Salário	6,4	6,4	6,4	6,4	5,12	6,4
Taxa de lucro	11,11%	15,38%	17,65%	19,05%	19,05%	25,00%
Lucro + renda diferencial	25,6	9,6	4,27	1,6	1,28	1,6
Taxa de lucro + renda dif.	177,78%	92,31%	47,06%	19,05%	19,05%	25,00%

Fonte: elaborado pelo autor.

Exemplo 2

Neste exemplo, conhecido na literatura como renda diferencial 2 (na qual as atividades requerem um mesmo recurso natural), consideramos que uma cultura, nas mesmas condições de solo e de clima, pode ser produzida a partir de 5 técnicas, cada qual exigindo quantidades diferentes de um meio de produção. Cada unidade de tal meio de produção necessita de uma unidade de um recurso natural para ser produzido. Neste caso o problema primal do modelo é,

Minimizar q1 + 2 q2 + 3 q3 + 4 q4 + 5 q5 + 1 k

Sujeito às restrições

dq) q1 + q2 + q3 + q4 + q5 >= 100

dk) 10 q1 + 9.5 q2 + 9.025 q3 + 8.5737 q4 + 8.1451 q5 - k <= 0

rn) k <= 1000

Onde

qi = produto gerado com a técnica i, sendo i = 1 a 5;

k = quantidade de meio de produção

A partir do problema primal foi deduzido o problema dual, descrito como,

Maximizar 100 pq + 0 pk - 1000 rn

Sujeito às restrições

q1) pq - 10 pk <= 1

q2) pq - 9.5 pk <= 2

q3) pq - 9.025 pk <= 3

q4) pq - 8.5737 pk <= 4

q5) pq - 8.1451 pk <= 5

k) pk - rn <= 1

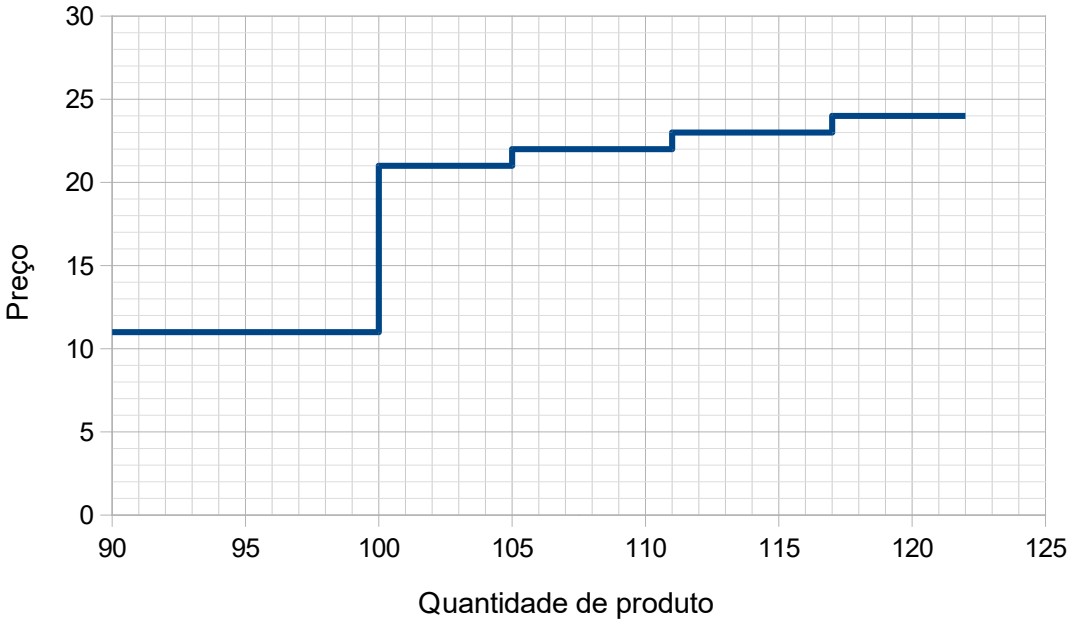
Onde,

pq = preço do produto

pk = preço do meio de produção

rn = renda gerada pelo recurso natural

Embora os valores fornecidos pela solução sejam diferentes, os resultados obtidos com este modelo são similares ao discutido anteriormente, como mostra a figura abaixo.



Os resultados econômicos obtidos com o modelo também são similares aos do modelo anterior, ou seja, o valor agregado é equivalente ao tempo de trabalho aplicado diretamente por meio das técnicas eficientes. Os preços obtidos com a produção de 122,75 unidades (final da curva), foram de R$ 24,00 para o produto final, R$ 2,33 para o meio de produção, e a renda gerada pela escassez do recurso natural foi de R$ 1,3327. Assim, o valor monetário total é R$ 2.946,00 (122,75 x 24), a renda é R$ 1.332,7 (1,3327 * 1.000) e o custo total é R$ 1.613,30 (2.946,00 – 1.332,7).

O processo de agregação de valor

As relações entre riquezas, valores e preços se estabelecem por meio de processos que ocorrem ao longo do tempo. Isto é evidente na medida em que este processo está baseado no tempo de trabalho, o qual transforma matéria retirada da natureza para a obtenção de produtos úteis aos seres humanos. Dada a divisão social do trabalho, segundo a qual cada produtor trabalha para que outros consumam, é necessário que se estabeleça um sistema de trocas, o qual nas sociedades contemporâneas ocorre por meio da moeda. Gera-se, assim, um fluxo de agregação de valores monetários que ocorre a partir de um fluxo de riquezas materiais produzidas pelo trabalho, a partir de riquezas produzidas pela natureza. Neste processo, os recursos naturais, na medida em que não são produzidos pelo trabalho humano, não possuem valor em tempo de trabalho. Mas, ao serem escassos adquirem um valor monetário, denominado renda. Este processo de agregação de valor é descrito no quadro 1.

Quadro 1: Exemplo de fluxos de riqueza, de tempo de trabalho e de agregação de valor monetário com recurso natural escasso.

Fluxo de riquezas	Recursos naturais (460 unidades físicas)	Trabalho	Meios de produção (1.702,5 unidades físicas)	Trabalho	Produtos finais (150 unidades físicas)			Problema primal
Fluxo de tempo de trabalho	0,00	Agregação de valor em tempo de trabalho	12.245	Agregação de valor em tempo de trabalho	2.000	12.245 + 2.000 = 14.245	Custo social	
Fluxo monetário	R$ 230	Agregação de valor monetário	R$ 230 + R$ 12.245 = R$ 12.475	Agregação de valor monetário	R$ 12.475 + R$ 2.000 = R$ 14.475	R$ 14.475 - R$ 230 = R$ 14.245	Produto social	Problema dual

Fonte: elaborado pelo autor

Como indicado no quadro 1, o processo de agregação de valor pode ser formalizado por meio da programação linear, com os fluxos de riquezas e de tempo de trabalho sendo representados pelo problema primal e os fluxos monetários pelo problema dual. Estes fluxos, porém, não ocorrem em uma simples cadeia produtiva, como o quadro 1 pode induzir a pensar. Eles se inserem no processo de reprodução econômica da sociedade como um todo, que se constitui em uma matriz de fluxos de matéria, de tempo de trabalho e monetários. Este processo de reprodução econômica da sociedade é estudado na próxima seção.

A reprodução econômica da sociedade e o valor agregado

No sistema capitalista, em geral, o que orienta a produção é a acumulação de capital na forma de dinheiro. Por esta razão, os economistas quase sempre consideram a forma como a sociedade se reproduz em termos monetários e não físicos (isto é, neste caso em termos de riquezas). Por outro lado, é inegável que um dos principais objetivos da análise econômica é a compreensão de como a sociedade se organiza, tanto em seu conjunto como nas unidades de produção, para a produção das riquezas que ela necessita para a sua reprodução. Isto porque, evidentemente, sem que as condições para a sua reprodução física estejam minimamente satisfeitas, de nada adianta realizar uma análise da reprodução da sociedade em valores monetários. Neste sentido, os valores monetários são apenas um

meio para que estas condições possam ser estabelecidas. A análise da economia de acordo com as relações entre os diferentes fluxos (físicos e monetários) que ocorrem no seu interior, assim como entre ela e seu ambiente, é fundamental para a compreensão do processo de reprodução da sociedade. Isto porque, dentre outras razões, a consideração direta das quantidades físicas permite que os fluxos de entrada (recursos naturais) e de saída (produtos de consumo) de riquezas sejam explicitamente contabilizados no processo de reprodução. Ao contrário, portanto, dos esquemas de reprodução em termos monetários usualmente empregados que consideram a economia como um circuito fechado.

Na tabela 4 é apresentado um esquema de reprodução econômica baseado nas riquezas. Observa-se que o recurso natural não depende de outros recursos para ser produzido, pois é fornecido pela natureza. Apenas a geração do meio de produção 1 depende do recurso natural. A produção dos três meios de produção é interdependente. No que diz respeito aos produtos para consumo final (abreviados na tabela como "produtos finais"), estes não entram na produção de qualquer outro produto. Ressaltamos que o sistema se encontra em reprodução simples, como indica a ausência de excedentes, os quais, no entanto, poderiam ser introduzidos no problema sem afetar as suas características.

Tabela 4: Esquema de reprodução em riquezas

	Recurso Natural	Meio de produção 1	Meio de produção 2	Produto	Trabalho
Recurso natural				200,00	
Meio de produção 1			50,00	250,00	500,00
Meio de produção 2	200,00			50,00	300,00
Produto final		250,00		100,00	2.000,00
Total	200,00	250,00	50,00		2.800,00
Excedente	0,00	0,00	0,00		
Total	200,00	250,00	50,00		

Fonte: elaborado pelo autor

As relações mostradas na tabela 4 são em boa parte qualitativas. Como pode ser observado nesta tabela, a soma dos meios de produção apresentados nas suas linhas não corresponde a quantidade dos produtos por eles gerados, sendo que estas, por serem de qualidades diferentes, não podem ser somadas. O tempo de trabalho requerido também é específico a cada produto. A especificidade das relações qualitativas entre meios de produção e produtos finais e entre estes e o tempo de trabalho deve-se ao fato de que estas relações são determinadas por técnicas de produção específicas a cada produto.

A consideração do recurso natural como uma entrada de riquezas no sistema econômico, assim como a consideração de que os produtos destinados aos consumidores correspondem a riquezas

que saem do sistema, e não apenas a um elo no ciclo de produção, diferenciam o esquema apresentado na tabela 4 em relação aos esquemas usualmente utilizados na economia. Por outro lado, é importante salientar que os esquemas de reprodução de Marx, ao considerarem dois departamentos dedicados a produções qualitativamente diferentes (produtos de consumo e meios de produção), de certa forma, já incluem a questão da reprodução em termos de valores de uso, ou seja, de riquezas[5]. No entanto, ao não considerar explicitamente os recursos naturais, tais esquemas representam um ciclo fechado, o que dificulta a análise da influência da sua escassez sobre a reprodução econômica da sociedade.

Na tabela 5 são apresentados os tempos de trabalho necessários para a geração dos produtos e meios de produção mostrados na tabela 4.

Tabela 5: Esquema de reprodução em tempo de trabalho

	Recurso Natural	Meio de produção 1	Meio de produção 2	Produto
Recurso natural				0,00
Meio de produção 1	0,00		300,00	500,00
Meio de produção 2		0,00		300,00
Produto final		500,00	0,00	2.000,00
Total	0,00	500,00	300,00	2.800,00
Excedente	0,00	0,00	0,00	
Total	0,00	500,00	300,00	

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme se observa na tabela 5, o recurso natural não demanda trabalho para ser produzido. Salientamos que os tempos de trabalho mostrados na tabela 5 são os aplicados diretamente. Por exemplo, o tempo de trabalho indicado para os produtos de consumo final não inclui o tempo de trabalho dedicado à geração dos meios de produção. A reprodução social do sistema em valores monetários é apresentada na tabela 6.

Tabela 6: Esquema de reprodução em valores monetários

	Recurso Natural	Meio de produção 1	Meio de produção 2	Valor dos meios de produção	Valor total	Valor agregado
Recurso natural					4.200,00	
Meio de produção 1			4.500,00	4.500,00	5.000,00	500,00
Meio de produção 2	4.200,00	0,00		4.200,00	4.500,00	300,00
Produto final		5.000,00	0,00	5.000,00	7.000,00	2.000,00
Subtotal	4.200,00	5.000,00	4.500,00	13.700,00	20.700,00	
Excedente	0,00	0,00	0,00			2.800,00
Total	4.200,00	5.000,00	4.500,00			

Fonte: elaborado pelo autor

5 Conforme salienta Rosdolsky, 1977, p.86.

Na tabela 6 consta um valor "agregado" para cada atividade, o qual é expresso em termos monetários (como todos os demais valores da tabela). Tal valor agregado é equivalente ao tempo de trabalho de cada atividade, assim como o seu total, mostrados nas tabelas 4 e 5. **O valor agregado, assim, é o equivalente monetário do tempo de trabalho socialmente necessário à produção** (obviamente desde que observadas as condições descritas no modelo).

É interessante observar que o valor monetário do recurso natural mostrado na tabela 7 é considerado antes da sua extração da natureza, na medida em que é o meio de produção 1 que é gerado a diretamente a partir do recurso natural (por meio da sua extração). Assim, por não exigir trabalho para ser produzido, como mostrado na tabela 5, o seu valor agregado é nulo, (como mostrado na tabela 6), sendo o seu valor monetário apenas transferências de valor agregado por outros produtos, ou seja, rendas. Por outro lado, é interessante salientar que o recurso natural, direta ou indiretamente, se constitui em um custo para a geração de outros produtos, o que faz com que o seu preço afete os preços dos produtos gerados pelo trabalho.

Como pode ser observado na tabela 6, o valor agregado pelos meios de produção e pelos produtos finais gerados pelo trabalho corresponde aos tempos de trabalho mostrados nas duas tabelas anteriores. Este resultado mostra que os esquemas de reprodução apresentados nas tabelas 4, 5 e 6 são coerentes com a teoria do valor de Marx. Por outro lado, é importante salientar que, nestes casos, os recursos naturais figuram explicitamente no esquema.

A reprodução do sistema econômico em valores monetários, mostrada na tabela 7, foi obtida pela multiplicação das quantidades físicas mostradas na tabela 5 pelos seus preços, os quais foram calculados por meio de um modelo de programação linear. Este modelo foi formulado a partir dos coeficientes por unidade de produto empregado para calcular os valores da tabela 6. Esses coeficientes são mostrados na tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes do modelo

	Produto final		Meio de produção 1	Meio de produção 2
	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 1	Técnica 2
VA / produto	10	30	2	6
Meio de produção 1	-3	-2	1	0
Meio de produção 2	0	0	-0,2	1
Recurso Natural	0	0	0	4

Fonte: elaborado pelo autor

A partir dos coeficientes da tabela 8, da demanda de produtos finais e da quantidade máxima de recurso natural que pode ser utilizada, foi elaborado um modelo de programação linear, cujo problema primal é,

Minimizar 10 pf1 + 20 pf2 + 2 mp11 + 4 mp12 + 6 mp21 + 10 mp22 + 10 mp31 + 12 mp32 (65)

Sujeito às restrições

demanda do produto 1) pf1 >= 100 (66)

demanda do produto 2) pf2 >= 50 (67)

demanda do meio de produção 1) – pf1 - pf2 + mp11 + mp12 - 0.8 mp21 - 0.6 mp22 >= 0 (68)

demanda do meio de produção 2) -0.5 pf1 -0.1 pf2 -0.4 mp11 - 0.2 mp12 + mp21 + mp22 -0.2 mp31 - 0.1 mp32 >= 0 (69)

demanda do meio de produção 3) - 5 pf1 - 2.5 pf2 -0.5 mp11 - 0.7 mp12 + mp31 + mp32 >= 0 (70)

demanda do recurso natural) mp11 + 0.5 mp12 <= 460 (71)

onde, (*pf1*) e (*pf2*) são os produtos para consumo final e (*mp1*), (*mp2*) e (*mp3*) são os meios de produção. Os valores mostrados na função a ser minimizada (denominada "função objetivo"), são os tempos de trabalho diretamente aplicados para a geração de cada produto de consumo final e meio de produção. As inequações correspondem às demandas, calculadas com base nas quantidades físicas requeridas para a geração de cada unidade de produto de consumo final e meio de produção. Vale salientar que, como o recurso natural não é gerado pelo trabalho, a quantidade que pode ser utilizada por ciclo de produção (460 unidades) corresponde a uma restrição externa ao funcionamento do sistema econômico. O problema primal, assim, fornece as quantidades a serem produzidas de acordo com as restrições impostas pelas inequações que permitem minimizar o tempo de trabalho, ou seja, o valor. A solução deste problema primal forneceu as quantidades dos produtos de consumo final e dos meios de produção que constam na tabela 3.

A partir do problema primal foi formulado um problema dual, cuja solução fornece os preços dos produtos que proporcionam o máximo valor monetário possível nas condições técnicas especificadas pelas restrições. Este problema dual é descrito como,

Maximizar 100 ppf1 + 50 ppf2 + 0 pmp1 + 0 pmp2 + 0 pmp3 - 460 prn (72)

Sujeito às restrições

$$pf1)\ ppf1 - pmp1 - 0.5\,pmp2 - 5\,pmp3 <= 10 \quad (73)$$

$$pf2)\ ppf2 - pmp1 - 0.1\,pmp2 - 2.5\,pmp3 <= 20 \quad (74)$$

$$mp11)\ pmp1 - 0.4\,pmp2 - 0.5\,pmp3 - prn <= 2 \quad (75)$$

$$mp12)\ pmp1 - 0.2\,pmp2 - 0.7\,pmp3 - 0.5\,prn <= 4 \quad (76)$$

$$mp21)\ -0.8\,pmp1 + pmp2 <= 6 \quad (77)$$

$$mp22)\ -0.6\,pmp1 + pmp2 <= 10 \quad (78)$$

$$mp31)\ 0.2\,pmp2 + pmp3 <= 10 \quad (79)$$

$$mp32)\ -0.1\,pmp2 + pmp3 <= 12 \quad (80)$$

onde, (*ppf1*) e (*ppf2*) são os preços dos produtos para consumo final, (*pmp1*), (*pmp2*) e (*pmp3*) são os preços dos meios de produção gerados pelo trabalho e (*prn*) é o preço do recurso natural.

É interessante observar que os preços e as rendas diferenciais fornecidos pelo problema dual correspondem a variação marginal do valor da função objetivo do problema primal em relação à variação de uma unidade de cada um dos coeficientes do lado direito das suas restrições, consideradas isoladamente. Os preços, portanto, são valores marginais. Esses preços e rendas são mostrados na tabela 8.

Tabela 8: Preços do produto final e dos meios de produção e renda gerada pela escassez do recurso natural

Preço do produto final	Preço do meio de produção 1	Preço do meio de produção 2	Renda gerada pela escassez do recurso natural
70,00	20,00	90,00	21,00

Fonte: elaborado pelo autor

O que torna ativa a restrição de recurso natural, descrita no problema primal pela expressão (56), é a sua escassez. De fato, para que todos os meios de produção e os produtos para consumo final possam ser gerados por meio das técnicas que, diretamente (no caso do meio de produção 1), ou indiretamente (no caso das demais atividades) mais exigem recurso natural (o que caracterizaria a sua abundância) seriam necessárias pelo menos 490 unidades físicas de recurso natural. Por outro lado, é interessante ressaltar que apenas a escassez do recurso natural não é suficiente para alterar os preços.

Sem alternativas técnicas, um aumento da escassez tornaria impossível a manutenção do nível de produção e a única forma de manter a reprodução do sistema econômico seria pela diminuição da demanda dos produtos de consumo final. Isto mostra que não é a escassez em si que provoca o aumento dos preços, mas sim o aumento do tempo de trabalho que ela provoca, o qual se manifesta por meio dos preços dos recursos naturais, gerando rendas (Silva Neto, 2018).

O valor agregado na unidade de produção

Assim como o valor agregado é o equivalente monetário do tempo de trabalho socialmente necessário à produção no conjunto da economia, como mostrado no item anterior, isto também ocorre na unidade de produção em relação ao tempo de trabalho socialmente necessário que nela é realizado pelos trabalhadores da unidade por meio de técnicas eficientes, sem contar o trabalho incorporado nos meios de produção. A partir do exemplo numérico discutido anteriormente podemos ilustrar a correspondência entre o tempo de trabalho aplicado por meio de técnicas eficientes e o valor agregado na unidade de produção. Considerando a produtividade do trabalho mostrada na expressão (47) e os preços e a renda mostrados na tabela 8, a tabela 9 mostra o valor agregado a partir de 8 unidades de tempo de trabalho.

Tabela 9: Resultados econômicos obtidos pela aplicação de 8 unidades de tempo de trabalho.

	Produto final		Meio de produção	Meio de produção
	Técnica 1	Técnica 2	1	2
Produção	0,80	0,27	4,00	1,33
Valor da produção	56,00	18,67	80,00	120,00
Meios de produção	2,40	0,53	0,80	
Valor dos meios de produção	48,00	10,67	72,00	
Recurso natural				5,33
Renda recurso natural				112,00
Valor agregado	8	8	8	8
VA / produto	10	30	2	6
Valor ag. + renda rec. natural	8	8	8	120
(VA + renda) / produto	10	30	2	90

Fonte: elaborado pelo autor

Observações:
Salário fixado em 4 unidades monetárias
Lucro = valor agregado – salário
Taxa de lucro = lucro/(salário + valor do meio de produção)

Observa-se que as atividades desenvolvidas com as técnicas eficientes são as que proporcionaram um valor agregado equivalente ao tempo de trabalho aplicado (8 unidades). É importante observar na tabela 9 que a renda gerada pelo recurso natural é subtraída do valor monetário total no cálculo do valor agregado (como no caso do valor monetário do meio de produção).

Observa-se na tabela 2 que a taxa de lucro, considerando o valor do salário como fixo, não foi proporcional ao valor agregado. Assim, embora a técnica 2 seja ineficiente para a produção de feijão (*f2*), na medida em que gera um valor agregado menor do que o tempo de trabalho diretamente

aplicado, ela proporciona uma taxa de lucro maior pelo fato de utilizar menos meio de produção. Isto implica que a taxa de lucro não é um critério eficiente de decisão na unidade de produção.

Os resultados obtidos pelo exemplo numérico podem ser formalmente demonstrados como segue. Considerando a expressão (33), reproduzida novamente a seguir,

$$p_i - \sum x_{zi}^l p_z - \sum x_{ni}^s p_n - \sum x_{ui}^l r_u \leq c_i^l$$

o total do "valor agregado" na unidade de produção pode ser calculado por meio da sua multiplicação por unidade pela quantidade produzida, ou seja,

$$Qc_i^l + Q\sum x_{ui}^l r_u = Qp_i - Q\sum x_{zi}^l p_z - Q\sum x_n^s p_n \qquad (81)$$

onde o "valor agregado" (que na verdade pode estar acrescido de rendas) calculado a partir de dados obtidos nas unidades de produção é,

$$VA = Qc_i^l + Q\sum x_{ui}^l r_u \qquad (82)$$

Quando a expressão (20) é considerada do ponto de vista microeconômico os meios de produção que são consumidos no ciclo são denominados "consumo intermediário". Considerando a expressão (20) o consumo intermediário é definido como,

$$CI = Q\sum x_{iz}^l p_z \qquad (83)$$

No entanto, em uma unidade de produção não é possível repor apenas uma parte dos meios de produção multicíclicos (ou seja, os que requerem mais de um ciclo para serem consumidos). Assim, é necessário considerar uma "depreciação" no ciclo sofrida por tais meios de produção. Considerando a expressão (20), a depreciação de um meio de produção multicíclico é definida como,

$$D = Q\sum x_n^s p_n \qquad (84)$$

O valor monetário da produção mostrado na expressão (20), em termos microeconômicos, é denominado "produção bruta", sendo definido como,

$$PB = Qp_i \qquad (85)$$

A partir das expressões (74), (75), (76) e (77) obtêm-se a expressão que é empregada para o cálculo do valor agregado em unidades de produção (Dufumier, 1996), descrita como,

$$VA = PB - CI - D \qquad (86)$$

No caso de produções que dependem apenas indiretamente de recursos naturais, quando o valor agregado calculado nas unidades de produção é o equivalente monetário ao tempo de trabalho necessário à produção isto indica que foram empregadas técnicas eficientes. Esta equivalência faz com que as decisões microeconômicas tomadas nas unidades de produção sejam coerentes com as decisões coletivas sobre as riquezas sociais. Como discutido anteriormente, no caso da aplicação de

técnicas não eficientes, o valor agregado será inferior ao trabalho diretamente aplicado na produção. O valor agregado, portanto, é um critério microeconômico eficiente.

Fica, assim, demonstrado que da mesma forma que nas condições definidas pela expressão (29), segundo a qual o valor agregado no conjunto da economia é o equivalente monetário do tempo de trabalho empregado durante um ciclo de produção, o valor agregado descrito na expressão (33) é o equivalente monetário do tempo de trabalho dispendido nas atividades de uma unidade de produção durante um ciclo, nas condições em que a restrição descrita pela expressão (27) é ativa.

A formação dos preços e a equalização das taxas de lucro

Há na economia uma concepção amplamente hegemônica de que a formação dos preços propriamente dita no capitalismo ocorre por meio da equalização das taxas de lucro. Esta equalização resultaria da tentativa dos capitalistas de maximizar a taxa de lucro, do que resultaria que esta seria a mesma em todas as atividades da economia. Embora a abordagem empregada neste texto seja diferente desta concepção, ela não exclui a existência deste comportamento dos capitalistas (embora sem disto concluir que os mesmos possam obter a mesa taxa do lucro). Por outro lado, é a agregação de valor a partir do tempo de trabalho que é o processo básico de formação dos preços. Outros processos só podem ocorrer depois, pois as medidas tomadas para a alteração da taxa de lucro só podem ser tomadas a partir da avaliação pelo capitalista do lucro que ele obtém e, portanto, só pode ocorrer a partir de preços já formados. Neste sentido, há uma ***prioridade ontológica*** *da agregação de valor em relação aos processos de equalização das taxas de lucro, no sentido de que estes processos não podem existir sem a agregação de valor, mas o inverso pode ocorrer. Isto fica claro não apenas a partir de uma análise formal da formação dos preços, mas também empiricamente na medida em que há setores na economia nos quais há uma participação importante de unidades de produção não capitalistas. Nestas unidades, obviamente, também há formação de preços. A alteração dos preços provocadas pelos processos de equalização das taxas de lucro só podem, assim, perturbar o processo de agregação do valor, com efeitos desestabilizantes sobre a economia, como indicam os resultados mostrados na tabela 9.*

As categorias obtidas pela repartição do valor agregado

O valor agregado é a categoria básica para a análise dos resultados econômicos das unidades de produção. No entanto, ele não representa o resultado econômico de interesse imediato dos agricultores, na medida em que estes não se apropriam de todo o valor agregado em suas unidades de produção. O interesse imediato do agricultor é pela renda, que é obtida a partir da distribuição do valor agregado entre o agricultor e outros agentes econômicos, como mostrado a seguir.

Como mostrado na expressão (33), o valor agregado na unidade de produção é obtido por,

$$VA = PB - CI - D$$

A renda do agricultor é comumente obtida por,

$$VA = RA + I + J + S + T <=> RA = VA - I - J - S - T \quad (87)$$

onde,

I = impostos

J = juros

S = salários

T = arrendamento de terra

No caso de unidades de produção capitalistas, ou seja, naquelas em que o proprietário dos meios de produção não participa efetivamente das atividades desenvolvidas na unidade de produção (sendo realizada totalmente por trabalhadores assalariados), a sua renda é denominada lucro. Neste caso, muitas vezes os salários são considerados como custos equivalentes ao consumo intermediário ou a depreciação, o que impossibilita o cálculo do valor agregado e, portanto, a análise da sua repartição

De um ponto de vista teórico, porém, as expressões (33) e (34) não podem ser consideradas corretas. Em relação ao arrendamento de terra, como este corresponde a renda mostrada na expressão (28), ele deveria figurar (com o mesmo sinal negativo) na expressão (33) e não na (34)[6]. Em relação aos impostos, é evidente que estes em geral se constituem no pagamento cotizado (isto é, divido entre as unidades de produção ou indivíduos) de atividades desenvolvidas pelo Estado que agregam valor como, por exemplo, a construção e manutenção de estradas, pontes e portos, assim como o oferecimento de serviços como o de distribuição de água e de saneamento básico. Por este motivo, os impostos, rigorosamente, deveriam estar ao lado do consumo intermediário e das depreciações na expressão (18), e não figurar na distribuição do valor agregado. Uma dificuldade porém, para considerar os impostos como um valor agregado gerado fora de unidade de produção, é que o seu valor não é proporcional ao uso que a unidade de produção faz dos produtos e serviços oferecidos pelo Estado. E isto ocorre mesmo em relação aos impostos cobrados proporcionalmente a produção, pois os produtos e serviços oferecidos pelo Estado podem influenciar em proporções diversas a produção.

Essas precisões teóricas não afetam o montante da renda do agricultor gerada pela unidade de produção. Em termos práticos para o agricultor, portanto, elas possuem poucas consequências. Por outro lado, a consideração da renda da terra como parte do valor agregado faz com que a produtividade do trabalho, obtida pelo valor agregado por unidade de trabalho, seja superestimada. O mesmo ocorre com os impostos, com o agravante de que a sua consideração como parte do valor

6 Embora esta questão se torne mais complicada se considerarmos não apendas a renda diferencial, mas também a renda absoluta da terra, a qual é proporcional a taxa de juros.

agregado implica que as atividades do Estado seriam sustentadas economicamente pelo setor privado, o que é rigorosamente falso.

As categoriais sociais na agricultura; o lucro como expressão de uma relação social específica

A distribuição do valor agregado discutida nos parágrafos anteriores não menciona explicitamente o lucro. No entanto, no exemplo discutido a renda do proprietário dos meios de produção corresponde ao lucro no caso (e apenas neste caso) em que o trabalho realizado na unidade de produção seja realizado por trabalhadores contratados e não pelo próprio proprietário. Portanto, **o lucro só ocorre nas condições específicas da agricultura capitalista**, na qual o trabalho na unidade de produção é realizado exclusivamente por trabalhadores que não são os proprietários dos meios de produção. No caso da ausência de assalariados, como na **agricultura familiar**, portanto, a renda não pode ser denominada lucro. Enfim, há ainda o caso intermediário entre a agricultura familiar e capitalista, quando os proprietários dos meios de produção contratam trabalhadores (assalariados), mas também trabalham diretamente na unidade de produção. Este é o caso do que se denomina **agricultura patronal**, no qual, rigorosamente, a renda também não pode ser denominada lucro, embora quase sempre parte do valor agregado gerado pelos trabalhadores seja apropriado pelos proprietários dos meios de produção.

Como discutido nos parágrafos anteriores, os impostos correspondem a remuneração de atividades realizadas pelo Estado que geram valor agregado, e o arrendamento é decorrente da formação de rendas diferenciais. Portanto, os montantes dos impostos (globalmente) e do arrendamento podem ser definidos objetivamente a partir das condições de reprodução material da sociedade. É por esta razão que eles, rigorosamente, deveriam ser considerados na formação do valor agregado (como o consumo intermediário e a depreciação) e não na sua distribuição.

No entanto, formado o valor agregado, os montantes do lucro e da renda dos agricultores patronais, por um lado, e o dos salários, por outro lado, são definidos por processos de natureza extraeconômica, nos quais a correlação de força política entre as classes dos capitalistas, dos agricultores patronais e dos trabalhadores desempenha um papel fundamental. A renda dos agricultores patronais e o lucro dos capitalistas não podem ser definidos apenas a partir das condições técnicas de reprodução material da sociedade.

As categorias sociais e os critérios de alocação dos recursos nas unidades de produção

Os critérios de alocação de recursos dependem da categoria social dos agricultores. Os agricultores familiares, como trabalhadores, procuram maximizar a renda por unidade de trabalho (RA/UT) em suas unidades de produção. Isto leva estes agricultores a privilegiar as atividades que geram mais valor agregado, na medida em que a sua mão de obra, fornecida por ele e sua família, é

fixa. Esta característica da agricultura familiar faz com que ela realize os seus investimentos considerando apenas as possibilidades da sua própria unidade de produção, o que, aliado a impossibilidade de dispensar mão de obra, faz com que os investimentos da agricultura familiar se concentrem na unidade de produção, apresentando assim uma baixa mobilidade para outros setores (como o comercial, industrial ou financeiro, por exemplo).

No caso dos capitalistas, o critério de alocação dos recursos é a taxa de lucro (e não apenas o lucro em termos absolutos), definida, de maneira geral por TL = RA/(S + CI + D. Na medida em que existem oportunidades de obtenção de taxas de lucro fora da unidade de produção facilmente acessíveis aos capitalistas, os seus investimentos podem ser realizados em atividades não agrícolas. Além disto, os capitalistas podem dispensar trabalhadores para investir o valor monetário dos salários em atividades menos intensivas em trabalho (mas que podem lhe proporcionar maior taxa de lucro), ou em atividades fora da unidade de produção. Assim, há uma alta mobilidade dos investimentos na agricultura capitalista.

O caso dos agricultores patronais, embora a mobilidade dos seus investimentos seja maior, o critério de decisão adotado em geral é mais próximo ao da agricultura familiar.

Os efeitos macroeconômicos da taxa de lucro como critério de alocação de recursos

Como vimos anteriormente, as técnicas eficientes, por meio das quais o valor agregado é maximizado, são as que proporcionam uma reprodução estável da sociedade. A maximização do valor agregado, portanto, é o critério de decisão que deve ser adotado nas unidades de produção para que elas escolham as técnicas eficientes.

No entanto, como vimos no item anterior, a adoção da taxa de lucro como critério de alocação de recursos (o que é realizado por meio das técnicas), nem sempre leva a maximização do valor agregado. Do ponto de vista dos capitalistas, as técnicas adotadas nas suas unidades de produção tendem a ser as que maximizam a taxa de lucro, sendo por isto consideradas por eles como "eficientes". Porém, de um ponto de vista macroeconômico, a taxa de lucro é um critério ineficiente de alocação de recursos, sendo que a sua adoção não permite que a produção seja equivalente a demanda, o que provoca distorções (inclusive na formação dos preços) e instabilidade no processo de reprodução material da sociedade.

É importante salientar que esta ineficiência da taxa de lucro como critério de decisão nas unidades de produção é independente da forma como as decisões coletivas sobre as riquezas são tomadas pelo conjunto da sociedade. Assim, mesmo que as decisões coletivas sobre a demanda de produtos de consumo, os excedentes de meios de produção e a exploração dos recursos naturais sejam tomadas em função das necessidades do conjunto da sociedade, e não considerando prioritariamente

os interesses das classes mais abastadas, a taxa de lucro não permitiria uma reprodução material estável da sociedade. Isto revela a existência de uma **contradição fundamental no capitalismo** entre a acumulação de capital (que é regida pela taxa de lucro) e as necessidades sociais, qualquer que seja a forma como estas necessidades são definidas.

Análise econômica e sustentabilidade: as externalidades

Atualmente há um crescente debate sobre a insustentabilidade das relações entre as sociedades contemporâneas e os sistemas naturais das quais elas dependem para a sua sobrevivência. Conforme podemos observar na figura 6, as atividades humanas atualmente provocam a transgressão de vários limites que deveriam ser respeitados para assegurar as condições para a manutenção da integridade dos sistemas que dão suporte à vida no planeta.

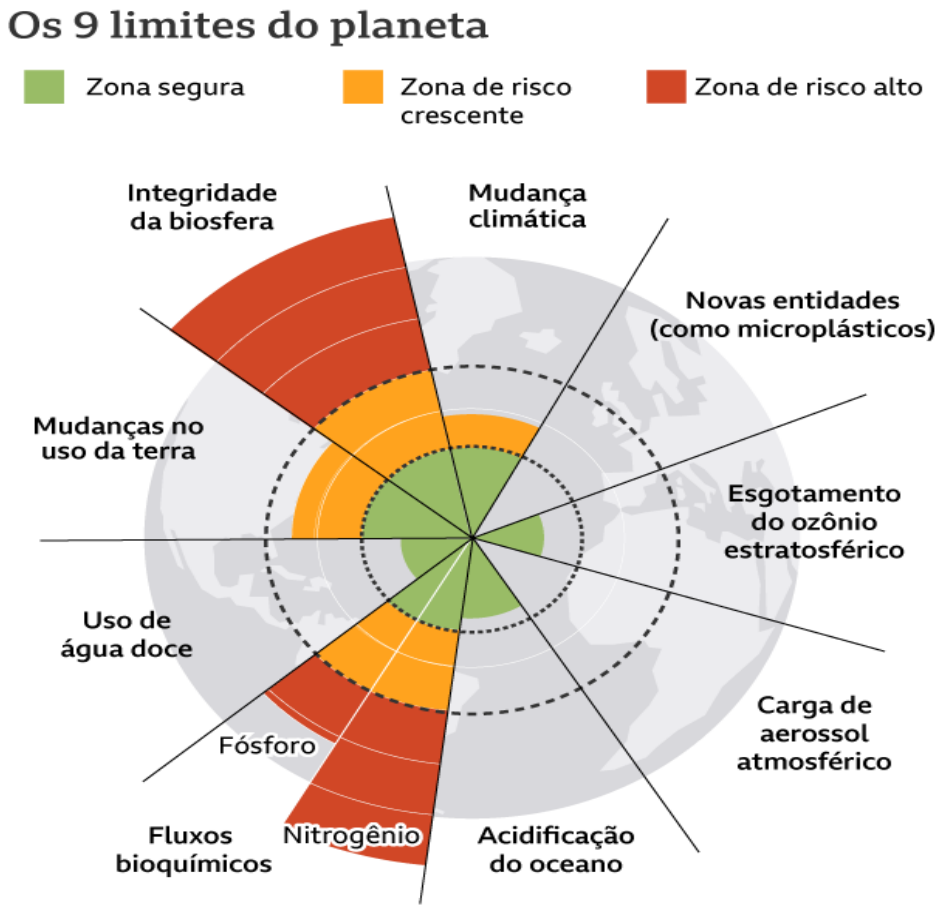


Figura 6: Estado corrente das variáveis de controle dos nove limites do planeta.

Fonte : Richardson, K. et. al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, nº 9, 2023.

Como se pode observar na figura 6, vários limites do planeta, dentre eles os que se apresentam em estados mais críticos (como a biodiversidade e os ciclos do nitrogênio e do fósforo) estão diretamente relacionados à agricultura. A agricultura, portanto, tem figurado como um tema central nos debates sobre a sustentabilidade das sociedades contemporâneas.

No entanto, uma das dificuldades para a promoção da sustentabilidade é que, em geral, as técnicas de produção que mais consomem recursos naturais ou que possuem os impactos mais negativos sobre os ecossistemas naturais, são as que permitem produzir com custos monetários menores. Neste sentido, observa-se que os resultados econômicos dos sistemas de produção mais sustentáveis são inferiores ao dos sistemas convencionais. Por exemplo, o combate aos insetos que se alimentam de culturas agrícolas, às doenças das plantas e ao fornecimento a elas de nutrientes, é grandemente facilitado pelo uso de insumos químicos. Por outro lado, sistemas de produção mais sustentáveis exigem manejos de insetos, patógenos e da fertilidade do solo muito mais complexos, os quais normalmente implicam em maior tempo de trabalho e uma severa limitação à escolha de técnicas.

Poder-se-ia alegar, assim, que a promoção das técnicas consideradas mais sustentáveis seria economicamente irracional. Mas é preciso lembrar que a viabilidade econômica das técnicas convencionais decorre justamente da negligência que a sua aplicação supõe em relação aos seus efeitos negativos sobre o ambiente e a saúde humana. Em linguagem econômica, tais efeitos negativos são designados como **externalidades negativas** da agricultura convencional. **Assim, pode-se definir uma externalidade como a criação ou destruição de riquezas de uma sociedade que não são contabilizadas nos resultados econômicos das unidades de produção.** Portanto, **a viabilidade econômica das técnicas convencionais é, em geral, apenas aparente**, pois os custos (relativos à destruição de riquezas) considerados nas unidades de produção não expressam os custos totais (ou seja, ao total de riquezas destruídas) provocados pela aplicação de tais técnicas, na medida em que uma boa parte deles é suportado pela sociedade (caracterizando-se como externalidade negativa).

Na verdade, externalidades negativas são inerentes às atividades econômicas, na medida em que estas sempre provocam certa perturbação não prevista no funcionamento de determinados ecossistemas. Assim, para que possamos realizar uma análise precisa dos resultados econômicos gerados por um sistema de produção, procurando considerar a totalidade dos seus custos, é necessário que tais externalidades sejam consideradas, ou seja, "internalizadas" nos custos de produção, o que, em termos macroeconômicos, se repercutirá nos preços dos produtos.

Em relação a essa internalização, porém, é importante salientar que ela é um processo que ocorre na sociedade, quando as externalidades passam a ser consideradas nas suas decisões sobre as

riquezas. Portanto, a internalização não é uma mera questão de cálculo, mas uma questão de natureza política. O cálculo relativo à integração da internalização nos preços, assim, diz respeito apenas a forma como ela se repercute sobre os preços nas condições específicas em ela é realizada. Isto porque as externalidades não podem ser medidas em termos estritamente econômicos. Por exemplo, a perda da biodiversidade, a degradação dos solos, a contaminação do ambiente e dos alimentos pelos agrotóxicos, a perturbação do funcionamento da biosfera devido à alteração dos ciclos biogeoquímicos (como o do carbono, do nitrogênio, do fósforo e da água), por exemplo, representam uma destruição de riquezas incomensuráveis, que não possuem um valor monetário intrínseco.[7] As decisões sobre essas riquezas são de natureza extraeconômica. Por outro lado, se não é possível avaliar monetariamente os custos ambientais propriamente ditos, é possível avaliar o custo das mudanças tecnológicas que devem ocorrer ao serem adotados sistemas de produção mais sustentáveis, nas condições concretas de determinado sistema agrário. Porém, é evidente que, para que estas mudanças possam acontecer, é necessário que exista alternativas mais sustentáveis aos sistemas de produção convencionais.

Esta avaliação pode ser realizada a partir do modelo descrito anteriormente. No entanto, esta análise pode ultrapassar o quadro estritamente teórico no qual este modelo vem sendo discutido até aqui, na medida em que pode ser realizada considerando o sistema monetário vigente, a partir dos preços correntes observados. Evidentemente, neste caso os preços fornecidos pelo modelo básico serão os mesmos empregados para a sua parametrização. No entanto, tal modelo permite analisar os efeitos de mudanças nos seus parâmetros sobre o sistema de preços fornecido pela solução do problema dual.

Para a internalização dos custos das técnicas mais sustentáveis disponíveis é necessário alterar os parâmetros relativos a adoção de tais técnicas para a obtenção de um sistema de preços que as viabilize economicamente na unidade de produção. Este procedimento é ilustrado no exemplo numérico a seguir.

Exemplo numérico

Neste exemplo são considerados dois sistemas de cultura de milho, sendo o primeiro um sistema convencional (sistema 1) e o segundo um sistema com baixo uso de agrotóxicos (sistema 2). As características desses sistemas são mostradas na tabela 10. Nesta tabela observa-se que o sistema de cultura 1 apresenta produção física e valor agregado bruto, por hectare, superiores ao sistema 2.

---

7 HARRIBEY, J.-M., **La richesse, la valeur et l'inestimable. Fondements d'une critique socio-écologique de l'économie capitaliste.** Paris: Les Liens qui Libèrent, 2013.

Tabela 10: Características técnicas e econômicas dos sistemas de cultura do milho.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Preço
Sacos/ha de milho	100	50	65
Quantidade de inseticidas	10	4	90
Quantidade de herbicidas	20	6	120
Quantidade de fungicidas	6	2	50
Quantidade de outros CI	10	4	45
Valor da produção	6500	3250	
Valor os inseticidas	900	360	
Valor dos herbicidas	2400	720	
Valor dos fungicidas	300	100	
Valor outros insumos	450	180	
Valor agregado bruto	2450	1890	

Fonte: elaborado pelo autor

A partir da tabela 10 foram elaborados os coeficientes técnicos e econômicos do modelo, mostrados na tabela 11, cuja função objetivo do problema primal foi elaborada em valores monetários.

Tabela 11: Coeficientes do modelo

	Sistema 1	Sistema 2
VAB/saco	24,5	37,8
Inseticida/saco	0,1	0,08
Herbicida/saco	0,2	0,12
Fungicida/saco	0,06	0,04
Outros ins./saco	0,1	0,08
Área/saco	0,01	0,02

Fonte: elaborado pelo autor

A partir dos coeficientes mostrados na tabela 11 foi elaborado o modelo mostrado abaixo. Salientamos que neste caso, basta formular o problema de determinação dos preços para a análise da internalização dos custos da mudança do sistema 1 para o 2.

$$Maximizar\ 1000\,pm + 0\,pi + 0\,ph + 0\,pf + 0\,poi - 25\,rt \quad (88)$$

Sujeito às restrições

$$milho\ sistema\ 1)\ pm - 0.1\,pi - 0.2\,ph - 0.06\,pf - 0.1\,poi - 0.01\,rt <= 24.5 \quad (89)$$

$$milho\ sistema\ 2)\ pm - 0.08\,pi - 0.12\,ph - 0.04\,pf - 0.08\,poi - 0.02\,rt <= 37.8 \quad (90)$$

$$inseticida)\ pi = 90 \quad (91)$$

herbicida) ph = 120 (92)

fungicida) pf = 50 (93)

oi) poi = 45 (94)

onde:
pm = preço do milho
pi = preço do inseticida
ph = preço do herbicida
pf = preço do fungicida
poi = valor monetário por unidade dos outros insumos (em conjunto)

A partir do modelo básico foram realizadas simulações nas quais foi atribuído um preço mais elevado aos agrotóxicos, assim como um aumento do valor agregado pelo sistema 2. Várias simulações foram realizadas adotando este procedimento até ser obtido um sistema de preços que proporcionasse um valor agregado por hectare mais elevado ao sistema 2 em relação ao do sistema 1. A partir dessas simulações foi definido um aumento de 120% no preço dos agrotóxicos e de 30% no valor agregado do sistema 2. Os resultados são mostrados na tabela 12.

Tabela 12: Resultados econômicos dos sistemas de cultura de milho com um aumento de 120% no preço dos agrotóxicos e de 30% do valor agregado do sistema 2.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Preços
Sacos/ha de milho	100	50	104,66
Quant. de inseticidas	10	4	198
Q. de herbicidas	20	6	264
Q. de fungicidas	6	2	110
Q. de outros CI	10	4	45
Valor da produção	10466	5233	
Valor os inseticidas	1980	792	
Valor dos herbicidas	5280	1584	
Valor dos fungicidas	660	220	
Valor outros insumos	450	180	
Valor agregado bruto	2096	2457	

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 12 que com o novo sistema de preços o valor agregado bruto por hectare proporcionado pelo sistema de cultura com baixo uso de agrotóxicos tornou-se mais elevado em relação ao sistema com maior uso desses insumos. A diferença no valor agregado por hectare nesta

nova situação é semelhante à proporcionada pelo sistema de preços antigo (R$ 461,00 agora e R$ 560,00 anteriormente) invertendo-se, porém, as posições. O sistema com uso mais baixo de agrotóxicos tornou-se, assim, economicamente mais vantajoso.

É importante salientar que o que permitiu tornar viável o sistema mais sustentável foi a mudança nos critérios de eficiência técnica adotados para a escolha das técnicas. Neste caso, o aumento do preço dos agrotóxicos tornou o critério baseado na produção por unidade de agrotóxico mais importante em relação ao critério baseado na produção por unidade de superfície de terra. Este exemplo mostra claramente que a decisão política de aumentar o preço dos agrotóxicos, baseada em uma análise da necessidade de promover a sustentabilidade da agricultura, pode desencadear um processo econômico que resulte em um sistema de preços coerente com tal decisão. Isto mostra que não é possível que a promoção da sustentabilidade seja feita estritamente a partir das condições técnicas e a escassez de recursos naturais, sendo para isto sempre necessárias decisões de natureza política.

No entanto, isto não implica que as condições técnicas e a disponibilidade de recursos não sejam importantes. Como já mencionado, para que os custos da ecologização da agricultura possam ser internalizados, obviamente é necessário que existam técnicas que permitam implantar sistemas de produção mais sustentáveis. No que diz respeito à disponibilidade de recursos naturais, uma simulação baseada no exemplo numérico aqui discutido pode ilustrar a sua importância. Assim, se considerarmos que a disponibilidade de terra descrita pelo coeficiente da renda da terra na expressão (68) é de 15 hectares (e não de 25), considerando as mesmas condições para a obtenção dos resultados mostrados na tabela 13 (120% de aumento do preço dos agrotóxicos e 30% de aumento do valor agregado bruto do sistema 2), foram obtidos os resultados mostrados na tabela 13.

Tabela 13: Resultados dos sistemas de cultura de milho com um aumento de 120% no preço dos agrotóxicos e de 30% do valor agregado do sistema 2, com uma área de terra de 15 hectares.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Preços
Sacos/ha de milho	100	50	111,74
Quant. de inseticidas	10	4	198
Q. de herbicidas	20	6	264
Q. de fungicidas	6	2	110
Q. de outros CI	10	4	45
Valor da produção	11174	5587	
Valor os inseticidas	1980	792	
Valor dos herbicidas	5280	1584	
Valor dos fungicidas	660	220	
Valor outros insumos	450	180	
Valor agregado bruto	2804	2811	

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 13 que a diferença entre o valor agregado por hectare entre os sistemas diminuiu significativamente em relação à observada na tabela 12 (de R$ 463,00 para apenas R$ 6,00). Esta diminuição é explicada pela formação de uma renda da terra de R$ 354,00 por hectare, a qual repercutiu na formação do preço do milho, que passou de R$ 104,66 para R$ 111,74 por saca. Como os preços dos agrotóxicos é o mesmo, este aumento do preço do milho provocou um aumento maior do valor agregado do sistema de cultura com maior rendimento por área de terra (sistema 1). Estes resultados, portanto, mostram que, embora a escassez de recursos naturais não possa, por si mesma, determinar as condições econômicas para a promoção da sustentabilidade (sendo que, para tanto, decisões políticas são imprescindíveis), a escassez de recursos naturais, especialmente a terra, não pode ser negligenciada.

Considerações finais sobre as categorias de análise econômica

A análise das categorias econômicas nos mostra que o sentido das relações causais na economia parte das decisões sobre as riquezas sociais tomadas na sociedade em seu conjunto. De acordo com esta análise os processos responsáveis por essas decisões ainda não podem ser considerados propriamente econômicos, na medida em que decorrem essencialmente dos conflitos relacionados ao acesso às riquezas pelas diferentes classes sociais. É a partir destes processos, que definem a alocação dos recursos e o acesso às riquezas no conjunto da sociedade, que, por meio do tempo de trabalho socialmente necessário à produção, é que são determinados os preços. Estes, por sua vez, no caso em que são determinados a partir do mínimo de tempo de trabalho e caso o produtor adote o valor agregado como critério de decisão, permitem que os recursos alocados nas unidades de produção estejam em conformidade com as decisões tomadas no conjunto da sociedade. Isto ocorre porque tais preços induzem os produtores a adotar as técnicas adequadas a tal alocação dos recursos. É por esta razão, conforme discutido anteriormente, que estes preços e técnicas são denominados eficientes.

É importante salientar que esta relação causal, do macro para o microeconômico, não pode ser invertida. Os preços são definidos na sociedade como um todo (macroeconomicamente) servindo para orientar os produtores em suas unidades de produção (microeconomicamente) e não o inverso. A alocação dos recursos nas unidades de produção só pode ser feita adequadamente por meio de preços, na medida em que a renda dos produtores nas sociedades contemporâneas é expressa em valores monetários.

Os princípios econômicos que regem tal alocação dos recursos que permitem que os produtores obtenham os resultados econômicos de seu interesse (renda máxima ou custo mínimo) são discutidos nos próximos capítulos.

Enfim, é importante salientar que as externalidades negativas do atual padrão tecnológico da agricultura, decorrentes do seu caráter destrutivo em relação ao ambiente e a saúde humana, não podem ser negligenciadas. Isto porque uma análise técno-econômica rigorosa mostra claramente quanto ilusória é a viabilidade econômica das tecnologias predominantemente empregadas na agricultura contemporânea, na medida em que estas geram custos sociais não contabilizados nas unidades de produção.

SEGUNDA PARTE: ANÁLISE DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DE UNIDADES DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Introdução

Esta parte é dedicada aos procedimentos adotados para o cálculo dos resultados econômicos obtidos nas unidades de produção. Neste sentido, uma primeira questão que se coloca é como obter os dados para a realização deste cálculo. Esta questão, de grande importância, é tratada inicialmente nesta parte. Os demais itens serão dedicados à definição das categorias econômicas que são diretamente empregadas para a determinação dos resultados econômicos das unidades de produção. Como já analisado na primeira parte deste texto, estas categorias são deduzidas a partir das relações entre riquezas, valores e preços.

Dada a complexidade de uma unidade de produção agropecuária não é possível realizar uma entrevista com um agricultor com o objetivo de obter o "máximo" de informações. Isso pode levar a entrevistas extremamente longas que, no entanto, podem não permitir a obtenção das informações mais relevantes para a modelagem do sistema de produção (o que geralmente acontece nesses casos).

A obtenção dos dados para o cálculo dos resultados econômicos

Quase sempre, o cálculo dos resultados econômicos de unidades de produção agrícolas é realizado a partir de uma contabilidade agrícola, na qual são registradas as despesas e as receitas obtidas ao longo do ano agrícola. Tal contabilidade, porém, coloca uma série de dificuldades. Em primeiro lugar, a maioria dos agricultores consideram pouco compensatório o minucioso trabalho de registro dos gastos e das receitas exigido pela contabilidade agrícola. Isto não implica, porém, que tais agricultores sejam avessos à análise econômica. Ao contrário, a obtenção de resultados econômicos que possam lhes assegurar certo padrão de vida se constituem, provavelmente, no objetivo maior dos agricultores. No entanto, como muitas vezes são os próprios agricultores que realizam os gastos necessários ao funcionamento da sua unidade de produção, e que vendem os produtos nela gerados, eles são capazes de realizar uma estimativa dos resultados econômicos obtidos nas suas unidades de produção que lhes parece suficientemente precisa. Por esta razão, são raros os agricultores que anotam os seus gastos e as suas receitas. Assim, muitas vezes o cálculo dos resultados econômicos de unidades de produção agrícola é realizado a partir do acompanhamento de um técnico que orienta os agricultores na realização dos registros (procurando convencê-los da sua utilidade) ou fazendo eles mesmos esses registros.

Mais importante do que resistência dos agricultores em relação à contabilidade agrícola, no entanto (a qual é de ordem meramente operacional), é a variabilidade ao longo dos anos dos gastos e das receitas, o que torna pouco representativo o resultado obtido em um ano agrícola. Além disto,

mesmo a média dos resultados de vários anos é pouco representativa, pois as condições ao longo dos anos raramente são as mesmas, especialmente no que diz respeito às técnicas aplicadas e, sobretudo, ao contexto econômico.

Estas dificuldades podem ser minimizadas pela realização de entrevistas com os agricultores, nas quais o conhecimento é a principal fonte de informações para o cálculo econômico. A obtenção de informações dos agricultores, porém, deve obedecer a uma lógica que assegure que a entrevista mantenha seu foco na análise técnico-econômica do sistema de produção. Esta lógica é construída procurando-se compreender a dinâmica de acumulação de meios de produção (ou de desacumulação) da unidade de produção e suas consequências sobre a organização do trabalho e o uso de recursos desta, procurando sempre checar a coerência das informações.

Assim, a primeira etapa da entrevista deve ser dedicada a uma (breve) discussão da história da constituição da unidade de produção, ou seja, como o agricultor obteve acesso à terra (herança, compra ou outras formas), como ele obteve os meios de produção de que dispõe (progressivamente? quais foram as etapas mais marcantes, em que condições de acumulação ele ou os seus ancestrais chegaram no local? de onde vieram?), etc.

Em seguida é necessário obter as informações sobre a disponibilidade dos principais recursos como terra, equipamentos, insumos e mão de obra. Em relação à mão de obra se devem obter informações suficientes para estimar o número de Unidades de Trabalho (trabalho de um adulto em tempo integral, ou seja, em torno de 200 horas mensais). No que diz respeito a terra, é importante entender qual é a superfície agrícola útil da UPA e como ela se distribui entre glebas manejadas de forma específica (sistemas de cultura e de criação). Só então é que se pode passar a obter as informações sobre como e com que meios o agricultor conduz suas culturas e criações, de acordo com operações agrícolas realizadas ao longo do ano agrícola, especificando o uso de insumos e equipamentos e os rendimentos físicos obtidos. Embora não seja estritamente necessário quantificar o trabalho aplicado em cada operação, é importante que se obtenham informações suficientes para identificar os períodos críticos de uso dos recursos ("picos" de trabalho e de uso de equipamentos, pro exemplo). No caso das produções animais (bovinos em especial), é necessário a obtenção de informações que permitam a estimativa dos índices zootécnicos (mortalidade e natalidade anual, idade de primeira cria, principalmente) para que se possa reconstituir a dinâmica de um rebanho em equilíbrio reprodutivo.

Em linhas gerais este é o raciocínio utilizado para a elaboração de um roteiro de entrevista com agricultores visando à análise dos seus sistemas de produção. É preciso salientar ainda que é preferível correr o risco de obter informações insuficientes e ter que voltar à unidade de produção

para completá-las do que obter o "máximo" de dados sem que se saiba exatamente para qual finalidade. Por essa razão, entrevistas para diferentes tipos de unidades de produção demandarão dados diferentes (ou que não serão obtidos na mesma sequência ou interpretados exatamente da mesma forma, etc.), o que torna inútil (e mesmo contraproducente) a utilização de um questionário pré-concebido para as entrevistas.

O valor agregado

Como mencionado anteriormente, a categoria econômica básica para análise de sistemas de produção agropecuária proposta neste texto é o que se denomina valor agregado. Antes de tudo, porém, é importante registrar a inadequação do termo "valor agregado" para denominar a categoria de análise em questão, porque o valor agregado é calculado a partir de preços, não representando, portanto, uma medida exata da agregação de valor propriamente dito, como sugere seu nome. Isto porque nos preços considerados no cálculo podem estar incluídas rendas diferenciais (principalmente) e absolutas. Por outro lado, o valor agregado pode ser considerado um bom indicativo da agregação de valor na unidade de produção, antes da ocorrência de sua distribuição.

A renda do agricultor

O agente econômico responsável por uma unidade de produção, porém, ao fim do processo produtivo não se apropria de todo o valor agregado nela gerado. O valor agregado gerado tem que ser compartilhado com outros agentes econômicos que, direta ou indiretamente, participaram do processo produtivo. Portanto, o agricultor retém apenas uma parte do valor agregado gerado na sua unidade de produção, a qual pode ou não ser suficiente para assegurar sua reprodução social.

Cada parcela originada a partir da distribuição do valor agregado é denominada renda. Assim, além da renda do agricultor, a distribuição do valor agregado pode também dar origem a rendas destinadas aos trabalhadores contratados (em geral denominadas de salários), ao Estado (impostos), aos Bancos (juros) e ao proprietário da terra (arrendamento).

Evidentemente, na sociedade como um todo o valor agregado é igual à renda sendo, assim, a base material da sua reprodução. O valor agregado em uma unidade de produção representa, portanto, a sua contribuição em termos econômicos para a reprodução da sociedade.

O quadro 1 descreve de forma sintética as categorias relacionadas ao valor agregado utilizadas para análise econômica de uma unidade de produção.

Quadro 1. Categorias de análise econômica de uma unidade de produção.

<table>
<tr><td rowspan="6">Produção bruta
(PB)
(preço x produção)</td><td rowspan="5">Valor agregado na unidade de produção
(VA = PB – (CI +D)</td><td>Renda (agricultor)</td></tr>
<tr><td>Juros (Bancos)</td></tr>
<tr><td>Salários (trabalhadores contratados)</td></tr>
<tr><td>Arrendamento (proprietário)</td></tr>
<tr><td>Impostos (Estado)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Valor agregado em outras unidades de produção
(CI + D)</td><td>Consumo Intermediário (CI = insumos, consumidos em um ciclo de produção)</td></tr>
<tr><td>Depreciações (D = máquinas, equipamentos e instalações, consumidos em vários ciclos de produção)</td></tr>
</table>

Como pode ser observado no quadro 1, o lucro não consta na distribuição do valor agregado (embora este possa ser considerado a renda do capitalista). O cálculo do lucro e a utilização da categoria custo, sobre a qual ele está baseado, constituem, pois, categorias distintas das que estão relacionadas com o valor agregado, o que é discutido na próxima seção.

O lucro

A categoria mais utilizada para análise econômica baseia-se na categoria do lucro, embora até mesmo na literatura especializada haja considerável confusão sobre o significado preciso do termo "lucro". **De acordo com o senso comum** (e mesmo em alguns respeitáveis livros de contabilidade, administração e economia), **o lucro corresponde a qualquer margem entre receitas e despesas (ou gastos)**, independentemente da forma como estes são calculados. De acordo com a abordagem adotada neste texto, **esta concepção é totalmente equivocada**. Na verdade, **o lucro é uma medida de resultado econômico específica às unidades de produção capitalistas**, cuja característica mais importante é a consideração, na sua determinação, dos "custos de oportunidade" de todos os recursos produtivos. Haveria, assim, uma avaliação, com base nos preços de mercado, dos usos alternativos de todos os recursos utilizados, os quais são comumente agrupados em **trabalho, capital e terra** (capital = insumos e equipamentos), e são, **de acordo com a concepção neoclássica, denominados "fatores de produção"**[8]. A consideração de tais custos de oportunidade pressupõe a possibilidade de comprar ou vender mão de obra, meios de produção e terra sempre que isso implicar aumento da renda, isto é, pressupõe uma perfeita "mobilidade" dos recursos em questão, mobilidade que é uma

8 Isso ocorre porque, segundo os neoclássicos, não apenas o trabalho, mas também a terra e o capital agregam valor, o qual corresponderia às suas utilidades marginais.

característica específica de unidades de produção capitalistas. O emprego da categoria do lucro para avaliar economicamente uma unidade de produção, portanto, pressupõe relações sociais capitalistas.

O lucro "*L*", também denominado lucro "puro" ou "líquido", corresponde à

$L = RB - D - CO$

Ou

$$L = RB - CT$$

Sendo

$$CT = D + CO$$

Onde

RB = a receita bruta, que corresponde às receitas obtidas na unidade de produção, definidas pelo valor monetário de tudo o que é destinado à venda ou ao consumo do próprio agricultor.

D = despesas diretas (que implicam desembolso imediato, como a compra de insumos , pagamento de assalariados e de impostos) e indiretas (que não implicam desembolso imediato, como as depreciações). A despesa (direta e indireta) é também denominada na literatura neoclássica de custos explícitos.

CO = custos de oportunidade, isto é, a "remuneração" dos recursos utilizados (como a terra, o trabalho e o capital) aos seus preços de mercado. O custo de oportunidade também é denominado de custos implícitos.

CT = custo total ou de produção;

Conforme a expressão descrita acima, os itens correspondentes ao custo compreendem todas as despesas realizadas pelo agente econômico, independentemente de estas representarem valor agregado (adquirido de outras unidades de produção) ou uma repartição do valor agregado na unidade de produção, além dos custos de oportunidade. A utilização da categoria custo, tal como ela é entendida pelos neoclássicos, e, consequentemente, a de lucro dela decorrente, para a análise econômica, portanto, não permite a distinção entre agregação e distribuição de valor (agregado).

A utilização do lucro como medida de resultado econômico baseia-se no pressuposto de que um investidor só terá interesse em manter sua unidade de produção se esta for capaz de "remunerar"[9] todos os recursos por ele empregados aos preços de mercado. Caso contrário, seria mais vantajoso para o investidor "vender" tais recursos (por exemplo, trabalhar fora da unidade de produção, no caso da sua força de trabalho; aplicar capital no mercado financeiro, no caso do capital; ou arrendar sua terra, no caso da terra).

9 Evidentemente, não são os recursos em si que são remunerados, mas o seu proprietário.

Como já mencionado, de acordo com a concepção baseada nas categorias de custo e de lucro, não há distinção entre geração e distribuição do valor agregado (e, portanto, das riquezas às quais ele dá acesso), sendo os componentes da distribuição, assim como os itens relativos ao consumo de valor agregado (produzido em outras unidades de produção), apenas "custos de produção". De acordo com a teoria neoclássica, em uma economia de mercado em equilíbrio, na qual, portanto, todos os recursos estariam sendo empregados em seu nível ótimo, a remuneração dos "fatores de produção" (trabalho, capital e terra) corresponderia à sua produtividade marginal. Assim, em uma economia de mercado cada agente econômico (trabalhadores, capitalistas e proprietários de terra) poderia receber um nível ótimo de remuneração, o que exclui os conflitos de classe da teoria neoclássica da repartição.

Nesta situação o valor agregado seria máximo. Porém, se essa concepção pode parecer adequada do ponto de vista individual de um capitalista, de um ponto de vista mais amplo, como o do desenvolvimento da agricultura (ou seja, da sociedade como um todo), esta concepção não se sustenta. Isso ocorre porque unidades de produção altamente lucrativas podem gerar pouco valor agregado e unidades de produção pouco lucrativas, ou, no caso da agricultura familiar, que geram relativamente pouca renda, podem gerar um valor agregado elevado. Este, aliás, é um dos principais motivos de as regiões onde predomina a agricultura familiar possuir um desenvolvimento rural muito mais intenso do que as regiões dominadas por unidades de produção capitalistas ou patronais[10]. Por exemplo, um capitalista pode obter lucros elevados devido aos baixos salários pagos aos trabalhadores por ele contratados, produzindo pouco valor agregado. A distinção entre produção e distribuição de valor agregado é, portanto, crucial para a avaliação econômica dos sistemas de produção do ponto de vista do desenvolvimento. Essa distinção, porém, não é possível quando a análise econômica é realizada diretamente por meio das categorias custo e lucro.

Como já mencionado, a utilização do lucro como medida de resultado econômico pressupõe perfeita mobilidade dos recursos, isto é, que o agricultor possa comprar ou vender livremente todos os seus recursos comparando a remuneração deles obtida na sua unidade de produção com os preços de mercado. Por exemplo, caso a remuneração da mão de obra obtida na unidade de produção esteja abaixo do salário vigente no mercado de trabalho, o agricultor dispensaria trabalho até o ponto em que tal remuneração se igualasse ao salário pago no mercado. Isso permitiria ao agricultor aplicar os recursos financeiros que ele pagaria em salários em outros recursos (terra ou capital). Mas, no caso

10 Conforme SILVA NETO, B.; FRANTZ, T. R. A dinâmica dos sistemas agrários e o desenvolvimento rural. **In** SILVA NETO, B. (Org.); BASSO, David (Org.). Sistemas Agrários do Rio Grande do Sul. Análise e Recomendações de Políticas. Ijuí: Editora UNIJUI, 2015, 2ª ed., p. 115-175.

de alta mobilidade dos recursos, a menor contratação de trabalho pode, também, levar a menor investimento na unidade de produção em geral, caso a remuneração dos demais fatores também seja baixa.

Porém, apenas as unidades de produção capitalistas dispõem de uma perfeita mobilidade dos recursos. Em outros tipos de unidades de produção, como os familiares, a mobilidade dos recursos, pelo menos no curto prazo, é muito restrita. Nessas unidades de produção, como toda a mão de obra é fornecida pela família, a impossibilidade de dispensar trabalho faz com que o agricultor, diante de uma baixa remuneração do trabalho, procure aumentar seus investimentos para poder aumentar tal remuneração, mesmo que isso ocorra em detrimento da rentabilidade do capital, o que, em termos contábeis (pois o cálculo do lucro não é pertinente para agricultores familiares), diminuiria o lucro que ele obtém. Porém, a reprodução social da agricultura familiar depende da renda familiar e não do lucro, pois, enquanto a renda for suficiente para remunerar a mão de obra familiar (o que inclui a capacidade de adquirir os insumos e repor as máquinas e equipamentos que ela necessita para produzir), o agricultor familiar pode se manter na produção, mesmo com lucro negativo (isto é, que não lhe permitiria "remunerar" a terra e o capital).

O lucro, portanto, só é aplicável para análise econômica de unidades de produção capitalistas, sendo, provavelmente, sua ampla (porém quase sempre errônea) utilização uma indicação da forte hegemonia ideológica do capitalismo, a qual implica uma suposta superioridade da "racionalidade" capitalista em relação aos critérios de alocação de recursos adotados pelos agricultores familiares, muitas vezes considerados irracionais. Ora, o exposto acima indica que os agricultores familiares são tão racionais quanto os capitalistas em suas decisões. A diferença é que, trabalhando por meio de relações de produção diferentes, pela influência que estas exercem sobre a mobilidade dos recursos, tal racionalidade leva os agricultores familiares a adotarem critérios de decisão diferentes. Resta saber se, do ponto de vista da sociedade como um todo, qual critério de decisão, os gerados pelas relações de produção tipicamente capitalistas (baseadas exclusivamente no trabalho assalariado) ou familiares (baseadas no parentesco), é a mais interessante. A exigência de rentabilidade menor dos recursos pode levar as unidades familiares a se manterem produzindo em condições consideradas inviáveis pelas unidades capitalistas. Além disso, como a única forma de aumentar sua renda é por meio do investimento (dadas suas dificuldades em diminuir a força de trabalho para melhorar sua remuneração média), a agricultura familiar tende, sob as mesmas condições, a produzir mais valor agregado do que as unidades capitalistas. Em suma, do ponto de vista analítico, sem levar em consideração as condições históricas específicas sob as quais se desenvolveram, as unidades de produção familiares tendem a produzir mais, e a preços mais baixos, do que as unidades de produção capitalistas. Isso

explica o motivo pelo qual todos os países capitalistas ricos tiveram, ao longo de sua história, sua produção agropecuária baseada majoritariamente na agricultura familiar[11].

Enfim, é interessante assinalar aqui a existência da categoria dos agricultores "patronais", cujos sistemas de produção dependem estruturalmente de mão de obra contratada para seu pleno funcionamento, mas que também aplicam trabalho (próprio e muitas vezes de sua família) nas atividades agropecuárias. A mobilidade dos recursos produtivos nas unidades de produção dos agricultores patronais é, portanto, limitada, e os seus critérios de tomada de decisão mais próximos da agricultura familiar do que dos capitalistas.

Com base no exposto acima parece claro que as medidas de resultado econômico baseadas no valor agregado, diante da diversidade das relações de produção vigentes nas unidades de produção agropecuárias, são mais adequadas para sua análise econômica e, no caso das unidades capitalistas (e somente neste caso), deve-se realizar o cálculo do lucro, o que pode ser feito a partir da aferição do valor agregado.

O surgimento da economia neoclássica

Com o advento da Modernidade o acesso às riquezas deixou de se basear no direito divido, que privilegiava a nobreza e o clero, para basear-se no trabalho e na propriedade (sendo esta considerada como fruto do trabalho do seu proprietário). Neste contexto é que foi elaborada a Economia Clássica, que considerava o trabalho como a origem do valor econômico (teoria do valor-trabalho) e, com base na propriedade privada dos meios de produção, propunha o mercado como principal mecanismo de regulação das atividades econômicas. No entanto, a partir de meados do século XIX, tornou-se cada vez mais claro que a consideração do trabalho como a única fonte do valor praticamente impossibilita justificar a apropriação das riquezas produzidas pelos trabalhadores pelos proprietários dos meios de produção (ou seja, pelos capitalistas). É neste contexto que, alguns anos mais tarde, surge a Economia Neoclássica. Radicalizando a proposta dos economistas clássicos, os neoclássicos propõem o mercado como única instituição capaz de assegurar um bom funcionamento da economia. E, para isso, os neoclássicos mudaram o foco da produção para as trocas, propondo uma nova teoria do valor, baseada diretamente na utilidade (teoria do valor utilidade), a qual passa assim a se fundamentar na propriedade de fatores de produção (trabalho, capital e recursos naturais) para a distribuição das riquezas. Surge assim a função de produção neoclássica $Y = f(T, C, R)$, ou seja, a produção é função do trabalho, do capital e dos recursos naturais. Tal função, porém, jamais teve a sua consistência matemática demonstrada de forma satisfatória, na medida em que, pelo caráter subjetivo da utilidade (que se torna, assim, incomensurável) não propõe qualquer elemento comum que permita a realização de operações matemáticas entre os fatores de produção.

11 Ver, por exemplo, ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do Capitalismo agrário em questão.** Campinas: Editora Hucitec/Unicamp, 1992; e VEIGA, J. E. Desenvolvimento Agrícola: uma visão histórica. São Paulo: Editora HUCITEC, 1991.

O cálculo econômico na perspectiva da reprodução social

A reprodução de toda sociedade pressupõe certo nível de riqueza. Nas sociedades contemporâneas, tais riquezas são geradas especialmente por meio da agregação de valor, contabilizado pelos agentes econômicos por meio dos preços.

Desse modo, o valor agregado é o que melhor expressa, em termos monetários, as condições materiais para reprodução da sociedade, enquanto que, para as unidades de produção, é a renda, correspondente à parte do valor agregado que cabe ao agricultor, que deve assegurar as condições para sua reprodução social. É importante salientar que a reprodução social de uma unidade de produção agropecuária requer não apenas que sejam asseguradas as condições para a simples manutenção do agricultor no processo produtivo, ou seja, sua reprodução biológica, mas que o agricultor (ou investidor, no caso de um capitalista) tenha condições de se manter enquanto categoria social. Para a reprodução biológica basta que o agricultor tenha uma renda suficiente que lhe assegure as condições materiais mínimas de sobrevivência como, por exemplo, para que possa se alimentar, se vestir e ter uma habitação. Tal renda, correspondente ao nível de reprodução biológica pode, portanto, ser determinada a partir da análise das necessidades individuais do agricultor. Já a renda necessária para a reprodução social do agricultor corresponde ao mínimo de renda que ele poderia obter caso se dedicasse a outra atividade, ou seja, corresponde ao custo de oportunidade da sua mão de obra (na agricultura ou fora dela). Como tal renda, comumente designada como "nível de reprodução social", só pode ser estimada a partir das oportunidades que a sociedade oferece ao agricultor para o emprego da sua mão de obra, ela não pode ser definida a partir das necessidades específicas do agricultor. É, portanto, um dado tipicamente emergente, social.

O nível de reprodução social representa um ponto crítico para a unidade de produção. Um agricultor que não consegue atingir uma renda compatível com sua reprodução social tenderá a deixar de investir na manutenção do seu sistema de produção. Normalmente o agricultor não repõe as máquinas, equipamentos e instalações necessárias para pleno funcionamento do seu sistema de produção, o que o leva a desenvolver suas atividades agropecuárias de forma precária e, progressivamente, a abandoná-las, com o arrendamento ou a venda das terras. Um indicativo da impossibilidade de reprodução social é a ausência de sucessores.

Em geral, a aplicação de algumas técnicas isoladas dificilmente pode alterar significativamente a renda de um agricultor. Para isso são necessárias mudanças mais profundas em seu sistema de produção. Assim, um agricultor cuja renda é inferior ao nível de reprodução social dificilmente se interessará em adotar técnicas que, apesar de poderem provocar certo aumento da sua

renda, não a alterem significativamente. Por outro lado, um agricultor cuja renda ultrapassa o nível de reprodução social e que, portanto, se encontra em processo de acumulação, será muito mais receptivo a novas técnicas, mesmo que estas tragam apenas incrementos relativamente modestos à sua renda (deve-se, obviamente, observar o efeito de tais técnicas sobre outros aspectos do sistema de produção, como por exemplo, a quantidade e a penosidade do trabalho que ela requer). A avaliação da capacidade de um sistema de produção em proporcionar as condições para reprodução social de um agricultor é, portanto, muito importante para a definição de intervenções técnicas a serem realizadas em uma unidade de produção.

O cálculo da renda para analisar as condições de reprodução social apresentadas por uma unidade de produção implica uma perspectiva de longo prazo e, portanto, procedimentos distintos dos adotados para simples aferição da renda em um momento preciso. Por isso, é importante não confundir a avaliação dos resultados econômicos proporcionados pelo sistema de produção em um estado específico (no ano corrente, por exemplo) com a avaliação desses resultados quando se quer analisar as perspectivas de reprodução do agricultor como categoria social.

Quanto aos preços e rendimentos físicos de culturas e criações, deve-se, portanto, considerar valores que reflitam condições normais de produção, as quais, quase sempre são distintas das observadas diretamente em um ano específico. Nesse sentido, ao definir tais valores é importante especificar quais técnicas e condições ambientais e econômicas são consideradas e utilizar referências pertinentes às condições que podem ser consideradas normais em um contexto ecológico e econômico bem definido.

No caso dos rebanhos, sua produção e estrutura devem ser avaliadas por meio de índices zootécnicos compatíveis com a situação observada, de forma a reconstituir a dinâmica de um rebanho em equilíbrio reprodutivo, na qual o número de animais em cada categoria se mantém constante. O quadro 2 ilustra essa situação para um rebanho de bovinos de leite com 100 vacas. No quadro 2 é interessante observar que, embora a natalidade seja de 90%, isto é, que 9 entre 10 vacas têm cria ao longo do ano, a proporção de vacas em lactação em relação ao total de vacas ao longo de todo o ano é de 75%. Isso ocorre porque o período de lactação é de 300 dias, variando o período entre partos de acordo com a taxa de natalidade. No exemplo mostrado no quadro 2 todos os terneiros machos são descartados. Evidentemente, esta é apenas uma possibilidade e o destino dos terneiros deve ser definido de acordo com o manejo observado na unidade de produção.

Quadro 2. Índices zootécnicos e categorias animais de um rebanho bovino em equilíbrio reprodutivo.

Índices Zootécnicos	
Natalidade	90%
Vacas Lact./Vacas Total (média anual)	75%
Mortalidade média	5%
Idade da 1ª cria (em anos)	2
Categoria animal	Cabeças
Total de Vacas	100
Vacas Lactação (média anual)	75
Vacas Secas (média anual)	25
Terneiros total	90
Terneiras fêmeas (idade de 0 a 1 ano)	45
Novilhas (idade de 1 a 2 anos)	43
Vacas de Reforma	36

A consideração da análise econômica na perspectiva da reprodução social afeta também o cálculo das depreciações. A depreciação de uma máquina, equipamento ou instalação corresponde à perda do seu valor monetário ao longo do tempo. A expressão geral que descreve formalmente o cálculo da depreciação é a seguinte,

$Dt = dV/dt$

onde

Dt = depreciação no ano t

dV/dt = derivada do valor monetário no momento da aquisição em relação ao tempo

A depreciação descrita pela expressão acima é estimada para um ano específico, e por isso é denominada "instantânea". Em geral, o valor da depreciação instantânea é uma variável dependente do tempo, com valores iniciais altos, mas decrescendo rapidamente e tendendo a zero, quando o bem em questão atinge um valor residual constante. Isso ocorre principalmente com máquinas e equipamentos.

No entanto, o cálculo da depreciação na perspectiva da reprodução social baseia-se não no seu valor em determinado ano, mas em seu valor médio, o qual é constante, podendo ser calculado por,

$Dm = (Vo – VR) / VU$

onde

Dm = depreciação média

Vo = valor "original", pago no momento da aquisição (valor do produto "novo", no ano zero);

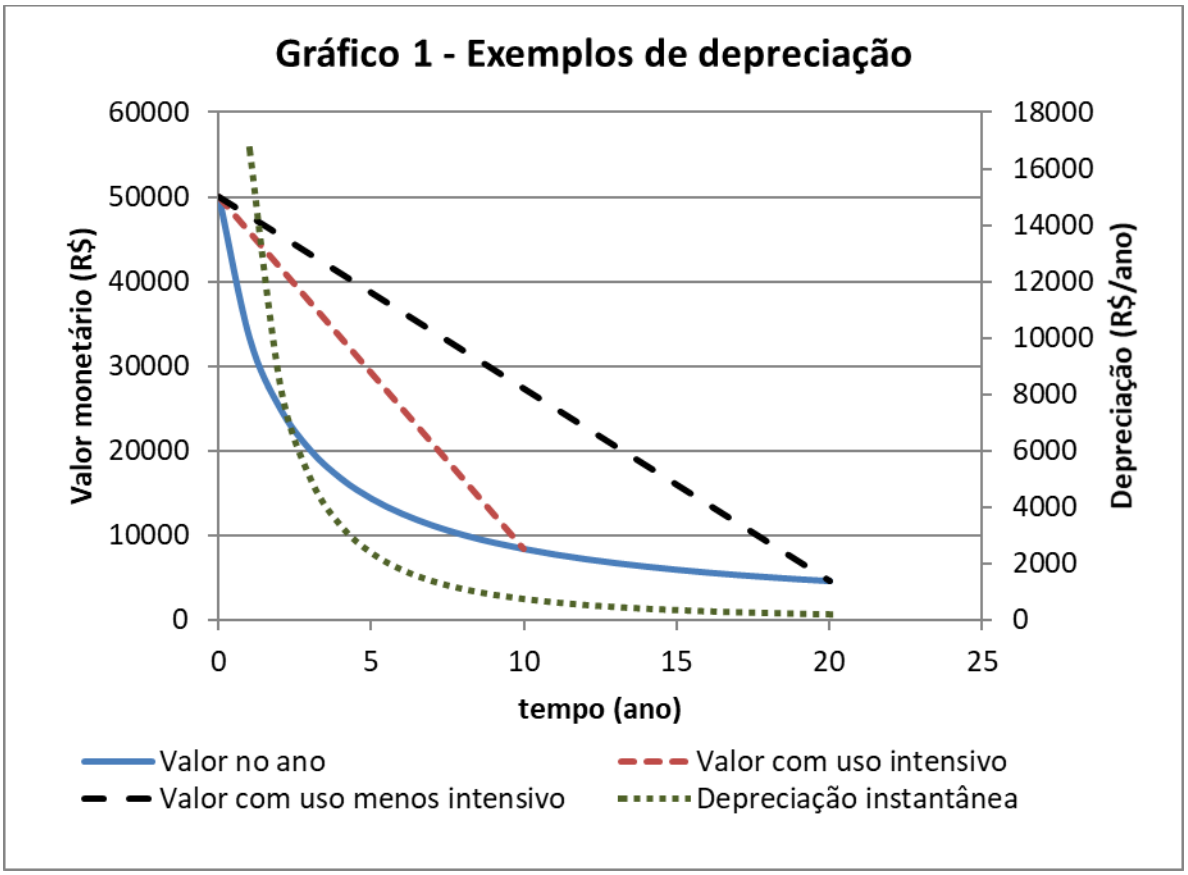
VR = valor residual;

VU = vida útil do equipamento.

O cálculo das depreciações na perspectiva da reprodução social coloca a questão da vida útil a ser considerada, a qual é particularmente importante no caso de máquinas e equipamentos. Nessa perspectiva, a vida útil de uma máquina ou um equipamento deve ser estimada a partir do calendário de trabalho que deve ser respeitado para o funcionamento do sistema de produção. Para uma mesma máquina, como, por exemplo, um trator utilizado para realizar determinada operação em determinada época, se o agricultor dispõe de um período longo para realizar a operação, de forma que uma avaria no trator não represente riscos de perda de produção, isso possibilita que ele mantenha o trator por mais tempo. No caso de um agricultor que dispõe de um curto período para realizar uma operação, a perda que pode ser provocada por um problema de mau funcionamento no trator leva o agricultor a trabalhar apenas com máquinas relativamente novas. Convém salientar que o importante nesses casos não é o número de horas trabalhadas com o trator (que pode ser o mesmo nos dois casos), mas a intensidade do seu uso ao longo do tempo, que impossibilita que a depreciação seja calculada simplesmente com base no tempo total de uso da máquina ou do equipamento[12]. Enfim, é importante salientar que, no caso de depreciações médias, o valor considerado "residual" não corresponde propriamente ao seu valor residual (como no caso da depreciação instantânea), mas apenas ao seu valor de venda. O gráfico 1, abaixo, ilustra essa situação.

Conforme o gráfico 1, a depreciação instantânea assume valores altos nos primeiros anos, mas decresce rapidamente e, depois, passa a diminuir de forma cada vez mais lenta, tendendo a zero. As depreciações médias, correspondentes ao valor do coeficiente angular (declividade) da reta dos valores monetários, são constantes.

12 O que muitas vezes é feito para o cálculo de custos de produção por unidade de superfície de atividades isoladas.



A discussão realizada neste item reforça a necessidade de um conhecimento aprofundado das condições técnicas para uma análise econômica adequada de um sistema de produção. Além das operações agrícolas e do calendário de trabalho que preside sua realização, devem ser observados também outros fluxos como o de entradas e saídas monetárias e o da transferência de nutrientes entre glebas, assim como as restrições impostas pelo manejo adotado para uso do solo, da água e dos recursos naturais em geral presentes na unidade de produção. Tais observações, juntamente com outros dados mais específicos, podem ser utilizadas para avaliação da sustentabilidade ecológica da unidade de produção.

A caracterização técnica do sistema de produção

Como mencionado no capítulo anterior, o cálculo econômico na perspectiva da reprodução social exige o conhecimento das características técnicas do sistema de produção. A intensidade do uso dos equipamentos para o cálculo das depreciações, os índices zootécnicos do rebanho para a estimativa da produção animal, discutidos anteriormente, são exemplos de características técnicas cuja análise é imprescindível para realizar um cálculo econômico adequado.

No entanto, é importante que as características técnicas do sistema de produção sejam estudadas não apenas pontualmente, mas de forma a proporcionar compreensão adequada das

principais restrições que condicionam seu funcionamento. Tal compreensão é necessária para definir os subsistemas que compõe o sistema de produção, o que é necessário para o estudo da composição da renda[13] do agricultor, a partir da qual podem ser definidas propostas de intervenções técnicas. Tais propostas, por sua vez, devem ser realizadas considerando a disponibilidade dos recursos presentes na unidade de produção, especialmente a mão de obra, equipamentos e moeda.

Para a análise econômica de um sistema de produção é necessário, em primeiro lugar, realizar uma caracterização técnica do sistema de produção que permita identificar os períodos "críticos", ou seja, em que época as restrições de recursos são mais intensas, por meio da análise dos calendários de uso da mão de obra e dos equipamentos, assim como dos fluxos de entrada e de saída de moeda, ao longo do ano agrícola. Em segundo lugar, é importante também que sejam analisados os fluxos de nutrientes entre as principais glebas na qual se subdivide o sistema de produção, de forma a identificar claramente a interdependência, no que diz respeito à fertilidade do solo, entre as atividades desenvolvidas. Em terceiro lugar, as características gerais do sistema de criação, como a disponibilidade e o tipo de alimentos, o manejo reprodutivo, os rendimentos obtidos (por exemplo, em leite e/ou carne), devem ser levadas em consideração para definir índices zootécnicos compatíveis com as condições da unidade de produção. Vale lembrar que a definição dos índices zootécnicos é realizada para que o rebanho possa ser reconstituído no estado de equilíbrio reprodutivo, o que é necessário para analisar a produção animal na perspectiva da reprodução social.

Enfim, é interessante observar, também, quais são os principais problemas relativos à sustentabilidade provocados pelos processos produtivos observados na unidade de produção, como erosão do solo, exposição do agricultor e da sua família a agrotóxicos (assim como de culturas e animais), desequilíbrios biológicos que acarretam alta incidência de insetos predadores de plantas e de patógenos, assim como de plantas espontâneas concorrentes com as culturas, poluição de fontes de água, dentre outros. Salientamos a importância de que tais problemas, cuja análise pode ser aprofundada em etapas posteriores, sejam levados em consideração no momento da definição de propostas de intervenção técnica no sistema.

O cálculo dos resultados econômicos globais

A primeira etapa para a análise econômica de um sistema de produção é realizada por meio do cálculo do valor agregado e da renda da unidade de produção como um todo. O objetivo desta análise é avaliar a capacidade de o sistema de produção contribuir para a reprodução da sociedade (medida pelo valor agregado) e sua capacidade de assegurar as condições materiais para reprodução

13 A composição da renda será estudada na seção 9.2.

social do agricultor (medida pela renda) na escala em que ele foi observado. Formalmente, o valor agregado de um sistema de produção é definido como:

VA = PB - CI - D

onde

VA = Valor Agregado

PB = Produção Bruta (valor monetário total)

CI = Consumo intermediário (valor monetário dos bens e serviços[14] consumido durante o ciclo de produção)

D = Depreciação de equipamentos e instalações (valor monetário consumido em vários ciclos de produção)

A partir da distribuição do valor agregado pode-se calcular, para cada sistema de produção, a remuneração dos diferentes agentes que participam direta ou indiretamente da produção, incluindo a renda dos agricultores que é definida como:

RA = VA - J - S - T - I

onde

RA = Renda do agricultor

VA = Valor agregado

J = Juros pagos aos bancos (ou outro agente financeiro)

S = Salários pagos a trabalhadores (eventuais ou permanentes)

T = Arrendamentos pagos aos proprietários da terra (quando este não é o próprio agricultor)

I = Impostos e taxas pagas ao Estado

Como já discutido anteriormente, a partir do valor agregado pode-se obter o lucro. No entanto, ao contrário do cálculo da renda de um agricultor familiar ou patronal, no cálculo do lucro os custos de oportunidade são debitados "a priori", diretamente, da renda e não comparados "a posteriori" com a mesma. Se, para um agricultor familiar ou patronal, considera-se que sua renda deva ser igual ou superior ao custo de oportunidade da mão de obra familiar para que ele possa se reproduzir socialmente, no caso de uma unidade capitalista, a condição necessária para a reprodução social é a de lucro zero ou positivo.

14 Os serviços considerados no consumo intermediário são apenas aqueles que compreendem o consumo de bens materiais durante a execução de uma determinada tarefa. Ele não inclui, portanto, os salários.

No quadro 3 é apresentado um exemplo numérico com todas as categorias utilizadas para a análise econômica global discutidas até o momento.

Quadro 3. Exemplo numérico de cálculo dos resultados econômicos globais de uma unidade de produção agrícola.

<table>
<tr><td>Produção (sacos)</td><td>2.000</td><td rowspan="2">PB
90.000</td><td rowspan="10">VA
(PB-CI-D)

39.000</td><td rowspan="10">RA
(VA-DVAER)
14.200</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="10">Lucro
(PB-CT)

9.100</td></tr>
<tr><td>Preço (R$/saco)</td><td>45</td></tr>
<tr><td>Sementes (R$)</td><td>10.000</td><td rowspan="4">CI

45.000</td><td rowspan="9">CT
(CI+D+DVAER+CO)

80.900</td></tr>
<tr><td>Adubos (R$)</td><td>15.000</td></tr>
<tr><td>Agrotóxicos (R$)</td><td>10.000</td></tr>
<tr><td>Combustíveis e manutenção (R$)</td><td>10.000</td></tr>
<tr><td>Depreciações (R$)</td><td>6.000</td><td></td></tr>
<tr><td>Salários (R$)</td><td>10.000</td><td rowspan="5">DVAER
24.800</td><td rowspan="8"></td></tr>
<tr><td>Juros (R$)</td><td>5.000</td></tr>
<tr><td>Impostos (R$)</td><td>3.800</td></tr>
<tr><td>Arrendamento de terra (R$)</td><td>6.000</td></tr>
<tr><td>Custo de oport. da mão de obra (R$)</td><td>13.500</td><td rowspan="3">CO
5.100</td></tr>
<tr><td>Custo de oportunidade do capital (R$)</td><td>6.600</td></tr>
<tr><td>Custo de oportunidade da terra (R$)</td><td>6.000</td></tr>
</table>

Uso de modelos lineares para a análise econômica de sistemas de produção

A partir do cálculo do valor agregado (VA) e da renda (RA) globais proporcionados pelo sistema de produção, são elaborados modelos lineares que descrevem a variação do resultado econômico global (valor agregado ou renda) dos sistemas de produção em relação à superfície agrícola útil por unidade de trabalho (SAU/UT) para o valor agregado, e por superfície agrícola útil por unidade de trabalho familiar (SAU/UTF) para a renda. Uma unidade de trabalho (UT) equivale a um adulto trabalhando em tempo integral. Já a superfície agrícola útil é a área que efetivamente pode ser utilizada para a produção agropecuária.

Um dos principais objetivos da elaboração de modelos lineares globais é realizar uma primeira avaliação da escala mínima necessária para que o sistema de produção possa assegurar a reprodução social do agricultor. Sendo assim, a análise deve ser realizada considerando uma unidade de produção

a ser implantada (e não uma já instalada). Nesse caso, é preciso distinguir instalações, equipamentos e máquinas cuja quantidade não varia com a escala de produção, dos que variam com a ela. Por exemplo, um estábulo pode ser construído para um número preciso de animais. Seu valor monetário, portanto, é variável com a escala. Já o número de tratores não varia com a superfície cultivada (até certo ponto, mas tal variação possui um caráter fortemente discreto).

Assim, dado um modelo linear

$Y = a\,x + b,$

sendo "Y" o resultado econômico (valor agregado ou renda), "a" o incremento de resultado econômico por unidade de área, "x" a área ocupada pelo sistema de produção e "b" as despesas não proporcionais. Para o cálculo do coeficiente angular "a" é preciso considerar, quando Y é o valor agregado, as depreciações de instalações, máquinas e equipamentos que variam com a escala (todos os componentes do consumo intermediário variam de forma proporcional e contínua com a escala), e quando Y é a renda, além das depreciações, também os itens da distribuição do valor agregado (exceto a renda) que variam com a escala. Os cálculos dos coeficientes dos modelos serão discutidos com mais detalhes nas próximas seções.

Modelagem dos resultados econômicos globais

Como mencionado na seção anterior, no modelo linear descrito, o coeficiente angular "a" corresponde à "contribuição marginal de resultado econômico por superfície", ou seja, o incremento no resultado econômico proporcionado pelo incremento de uma unidade de superfície. Matematicamente isto pode ser descrito como,

$a = dy / dx,$

o qual, para uma reta, é um valor constante. Neste caso, sendo "b" independente da escala, temos que,

$$\lim_{x \to \infty} y/x = a$$

ou seja, com o aumento da superfície, o resultado econômico médio tende à contribuição marginal, devido do valor de b/x. Em termos econômicos, portanto, a contribuição marginal indica o potencial de geração de resultado econômico por superfície de um sistema de produção, subsistema ou atividade. A contribuição marginal é, assim, um importante indicador para comparar resultados econômicos.

Quando o resultado econômico de interesse é o valor agregado temos,

$Y = VA/UT$

$a = (PB - CI - Dp) / SAU$

b = Dnp / UT

ou seja,

VA / UT = ((PB – CI - Dp) / SAU) * SAU/UT) – (Dnp / UT)

E para a renda,

Y = RA/UTF

a = (PB – CI – Dp - Jp – Sp – Tp – Ip) / SAU

b = (Dnp + Jnp + Snp + Tnp + Inp) / UTF

ou seja,

RA/UTF = ((PB – CI – Dp - Jp – Sp – Tp – Ip)/SAU) * SAU/UTF) – ((Dnp + Jnp + Snp + Tnp + Inp) / UT)

Onde "Jp" e "Jnp", por exemplo, indicam, respectivamente, juros proporcionais à escala de produção (como os juros do custeio das lavouras) indicada pela superfície, e juros não proporcionais à escala de produção (como juros sobre empréstimos para compra de um trator). Isso também se aplica para os demais itens acompanhados por "p" (proporcional) ou "np" (não proporcional).

O Gráfico 2 ilustra a variação da renda global por unidade de trabalho familiar em função da superfície agrícola útil de diferentes tipos de agricultores. A partir dos modelos de renda pode-se facilmente deduzir a superfície agrícola útil mínima para que a unidade de produção possa se manter na atividade agropecuária assegurando uma renda igual ou maior do que o nível de reprodução social (NRS) do tipo de agricultor em questão. Tal superfície depende dos coeficientes de inclinação da reta ("a") e da sua intercepção com a ordenada ("b"), ou seja,

RA/UTF = a * SAU/UTF – b

RA/UTF = NRS

NRS = a * SAU/UTF – b

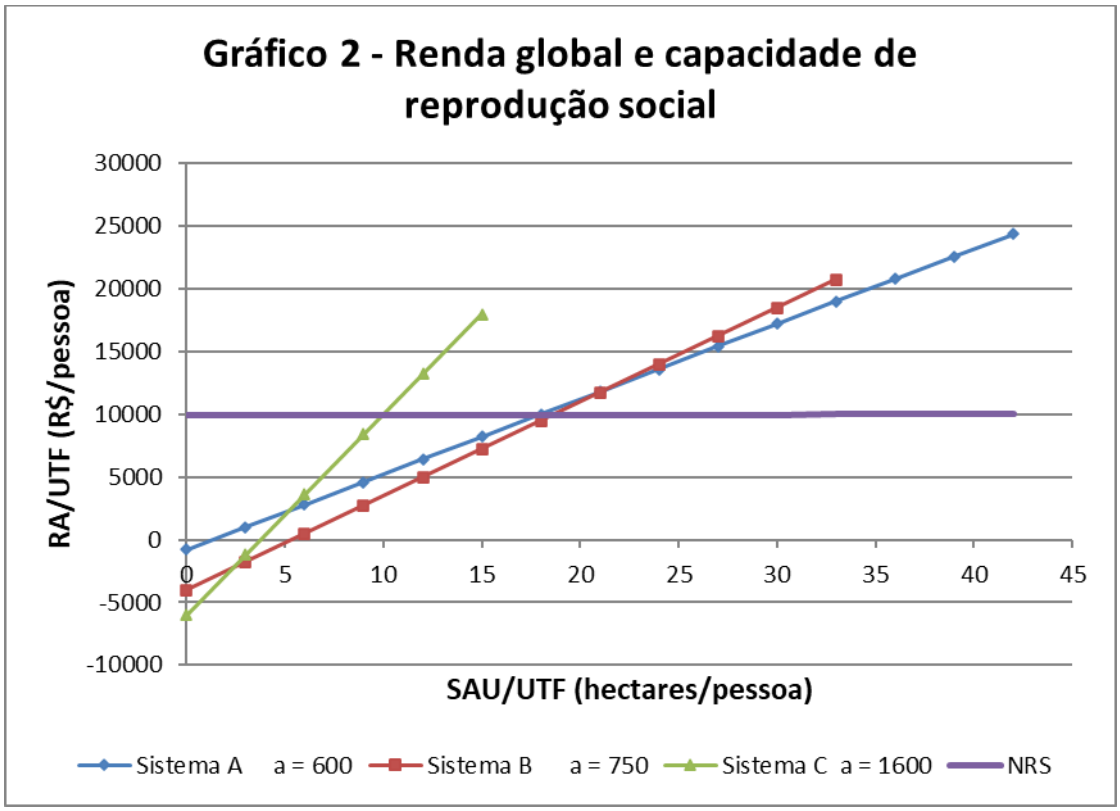
SAU/UTF = (NRS + b) / a

Onde:

RA/UTF = renda agrícola por unidade de trabalho familiar (R$/pessoa);

NRS = nível de reprodução social, ou seja, o nível mínimo de renda necessário à reprodução social dos agricultores (R$/pessoa);

SAU/UTF= superfície agrícola útil por unidade de trabalho familiar (hectares/pessoa).



Assim, quanto maior a despesa não proporcional por pessoa necessária para implantar um sistema de produção (coeficiente "b") e menor a contribuição marginal em relação à área (coeficiente "a"), maior será a superfície agrícola útil por pessoa para que cada trabalhador da família, equivalente a um adulto em tempo integral, possa receber uma renda suficiente para sua manutenção na atividade agropecuária.

Por exemplo, no caso do sistema de produção "A" mostrado no Gráfico 2, cuja renda por unidade de trabalho familiar é descrita por (os valores dos coeficientes são hipotéticos):

RA/UTF = 600 * SAU/UTF – 800

considerando-se que a renda por unidade de trabalho familiar mínima para reprodução social seja de R$ 10.000/UTF/ano, a superfície mínima compatível com a reprodução social é,

(10.000 + 800) / 600 = 18 SAU/UTF.

Os procedimentos de análise de sistemas de produção apresentados nesse texto permitem, assim, avaliar o potencial de geração de renda dos sistemas de produção, fornecendo subsídios para procura de alternativas de aumento da geração de renda. No exemplo acima, o potencial de renda do sistema de produção é de R$ 600/hectare/pessoa, o que implica a necessidade de 18 SAU/UTF para que o agricultor possa se manter na atividade, dada uma despesa fixa de R$ 800/ano/UTF. No caso

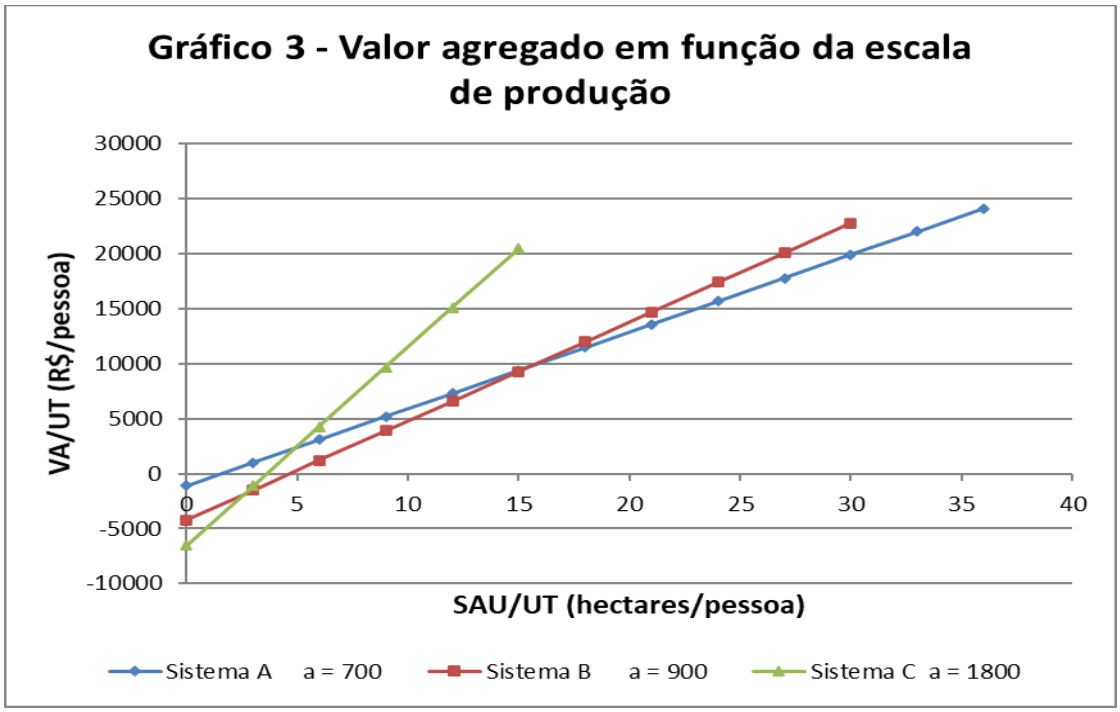
de um agricultor que possui apenas 15 SAU/UTF, mantendo a mesma despesa fixa, ele necessitaria de gerar um potencial de renda de

(10.000 + 800) / 15 = 720 R$/SAU

ou seja, para que o agricultor possa obter uma renda compatível com sua reprodução social, ele precisa de um sistema de produção cujo potencial de produção (que corresponde ao coeficiente "a" do modelo da renda global) deve ser de, no mínimo, R$ 720 R$/SAU, considerando que ele manterá as suas despesas fixas inalteradas (o qual corresponde ao coeficiente "b" do modelo da renda global).

Assim, os modelos dos sistemas de produção exemplificados no Gráfico 2 permitem avaliar um sistema de produção a partir da perspectiva dos agricultores (por meio da renda agrícola), possibilitando avaliar suas eventuais dificuldades de se manter na atividade agrícola e suas perspectivas nesse sentido. Já os modelos dos sistemas de produção, baseados no valor agregado, exemplificados no Gráfico 3 (página seguinte) permitem que se identifique a contribuição social (valor agregado) do sistema de produção, considerando as necessidades de área e de capital fixo para a sua implantação.

Por exemplo, no Gráfico 3, considerando um agricultor que possua 6 unidades de SAU com um sistema de produção do tipo C, esse sistema estaria proporcionando um valor agregado menor do que o de um agricultor com 10 unidades de SAU e um sistema de produção do tipo A, embora o potencial de renda do sistema C seja maior (R$ 1.800/SAU contra apenas R$ 700/SAU para o sistema A). Nesse sentido, do ponto de vista da sociedade, o sistema de produção C seria mais vantajoso, embora proporcione uma renda menor ao agricultor, por estar sendo praticado em uma área que não permite que ele expresse adequadamente seu potencial.



Modelagem da composição da renda

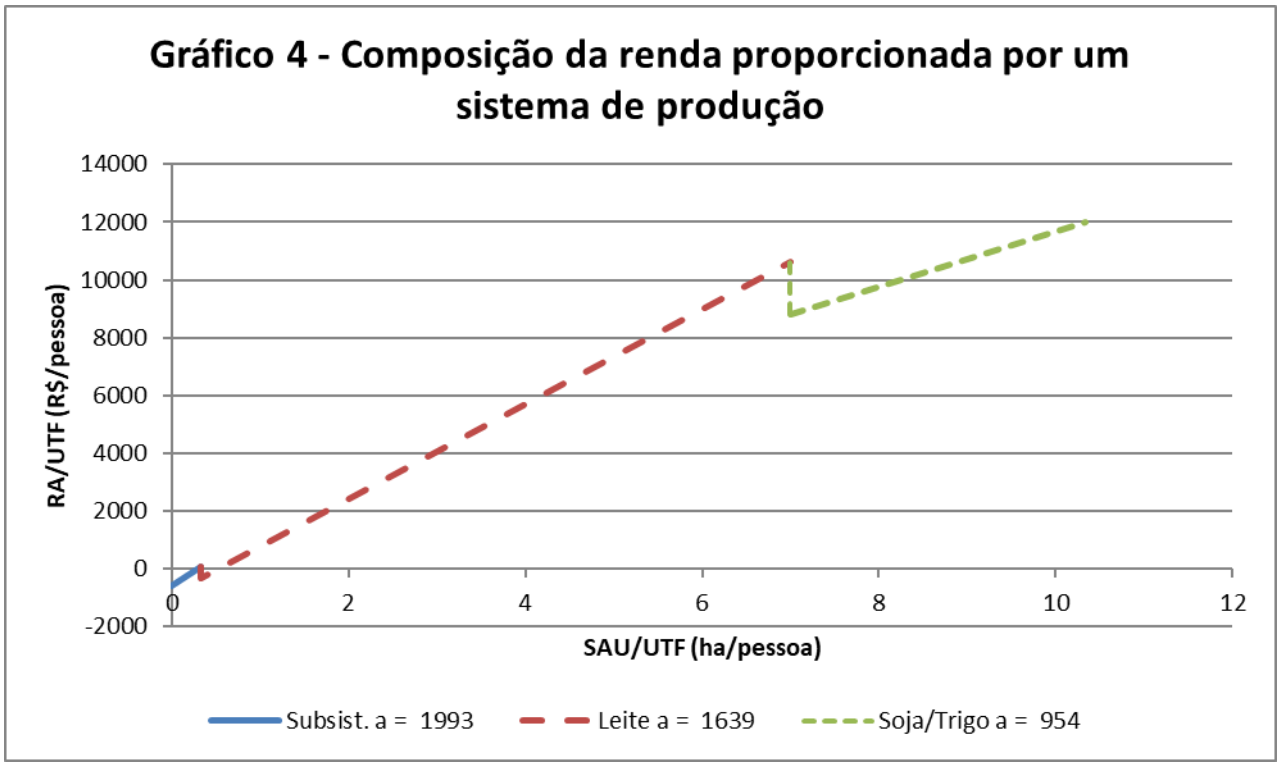
Na verdade, o valor agregado e a renda não são resultados econômicos que se comportam de forma linear em relação à escala. Os modelos globais são, portanto, apenas uma primeira aproximação, especialmente útil quando pretendemos comparar diversos sistemas de produção quanto a sua capacidade de assegurar as condições econômicas para reprodução social dos agricultores, inclusive no que diz respeito às escalas de produção. Quando se trata, porém, de analisar um sistema de produção especificamente, deve-se determinar a contribuição, relativa e absoluta, de cada subsistema ao resultado econômico.

As atividades desenvolvidas sobre uma mesma gleba de terra, sucessivamente no mesmo ano ou ao longo de vários anos, constituem subsistemas do sistema de produção, para cada qual se deve elaborar um modelo linear. A combinação dos modelos lineares de cada subsistema permite a análise da composição da renda do agricultor, ou seja, com quanto cada subsistema contribui para a formação da renda, em termos relativos, por meio da sua contribuição marginal, ou em termos absolutos, por meio da contribuição marginal multiplicada pela superfície ocupada pelo subsistema.

Assim, para analisar a composição da renda dos agricultores, os modelos dos sistemas de produção são construídos a partir dos subsistemas, devendo-se distinguir:

- as despesas não proporcionais comuns a todos os subsistemas;
- as despesas não proporcionais comuns a alguns subsistemas;
- as despesas não proporcionais específicas a apenas um subsistema.

Para elaborar um gráfico de composição da renda, os subsistemas devem ser hierarquizados de forma decrescente de acordo com sua contribuição marginal por unidade de superfície[15], coerentemente com o pressuposto de rendimentos marginais decrescentes. O gráfico 4 mostra um exemplo de composição da renda.



No gráfico 4, pode-se observar cada segmento de reta representando um subsistema, cuja declividade indica seu grau de intensidade no uso da terra, ou seja, sua contribuição marginal à renda por unidade de superfície agrícola útil. Além disso, podem-se observar também as despesas não proporcionais específicas representadas pela queda da renda antes do início de cada subsistema.

A análise da composição da renda pode indicar intervenções a serem feitas nos sistemas de produção, por meio do aumento da escala dos subsistemas com maior potencial de geração de renda, ou por meio da introdução de técnicas que proporcionem elevação da contribuição marginal por unidade de superfície de determinado subsistema. Evidentemente, para isso é necessário averiguar se a mão de obra (ou outros recursos, como equipamentos) permite tais intervenções.

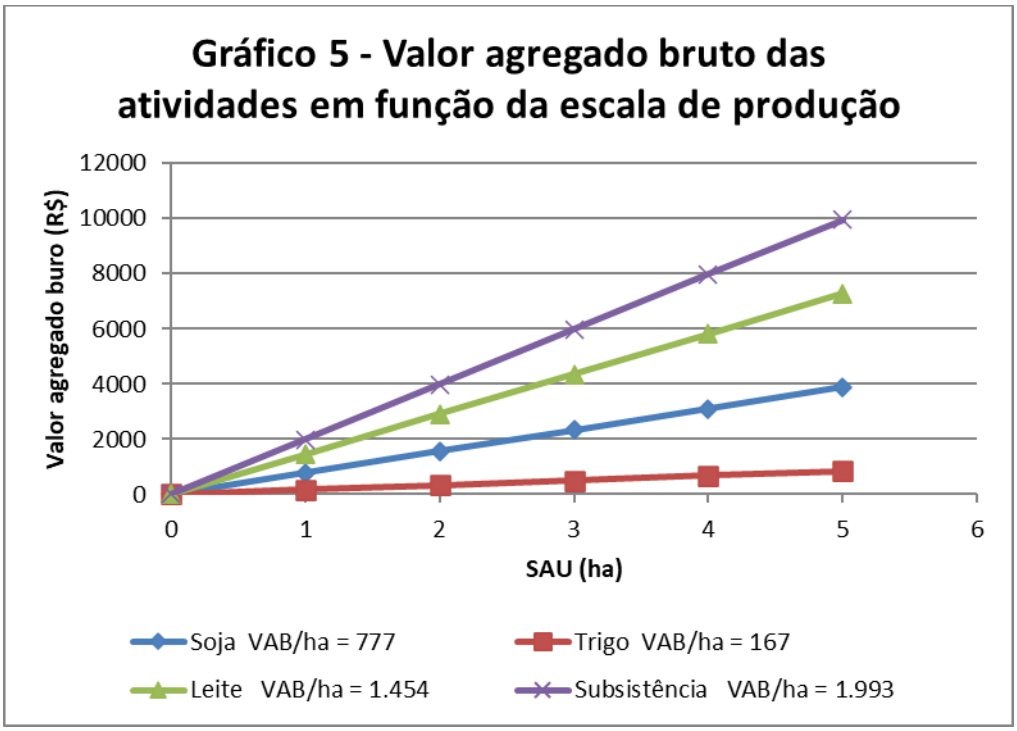
Modelagem das atividades isoladas

O valor agregado "bruto", isto é, calculado sem a subtração das depreciações muitas vezes é utilizado para comparar a contribuição das atividades consideradas isoladamente para geração do

15 No anexo 4 é apresentado um exemplo completo de análise econômica de um sistema de produção, incluindo a elaboração da tabela e do gráfico da composição da renda.

valor agregado por um sistema de produção. Tal análise pode ser particularmente útil para comparar atividades que integram um mesmo subsistema, na medida em que permite identificar qual delas é a que nele mais agrega valor.

O gráfico 5 mostra um exemplo de comparação do valor agregado bruto, obtido a partir dos mesmos dados utilizados para elaborar o gráfico 4 da composição da renda.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DÜPPE, T. **Koopmans in the Soviet Union. A travel report of the summer of 1965.** Journal of History of Economic Thought, Vol. 38, Issue 1, 2016

JEVONS, S. **The theory of Political Economy.** New York: Augustus M. Keller, Bookseller (Reprints of economic classics), 1965.

LUKÁCS, G. **Para uma ontologia do ser social I.** São Paulo: Boitempo, 2013.

ROSDOLSKY, R. **The making of Marx' "Capital".** Translated by Pete Burgess. London: Pluto Press Limited, 1977, 581 p.

SILVA NETO, B.; **Agroecologia e análise econômica de sistemas de produção:** uma abordagem baseada no materialismo histórico e dialético. Cerro Largo, Ed. UFFS, 2016.

SILVA NETO, B. A importância das rendas diferenciais na teoria dos preços de Marx. **Desenvolvimento em Questão**, ano 16, número 44, p. 9-41, jul/set 2018.

SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**: ensaios sobre riquezas, valores e preços. Rio de Janeiro : Ed. Telha, 2020.

STIGLITZ, J.; WALSH, C. Introdução à Microeconomia. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2003.

Apêndice I: a programação linear aplicada à economia

A modelagem por meio da programação linear apresenta características matemáticas que possibilitam amplas aplicações a sistemas econômicos. Uma grande vantagem da programação linear, é que os modelos podem ser formulados por meio de inequações, o que permite considerar alternativas técnicas que não necessariamente integrarão a solução fornecida pelo modelo. Isto permite a modelagem de genuínos processos de escolha, indicando a solução mais adequada em função de determinado critério quantificável pré-estabelecido, pelo fato da programação linear se constituir em um método de otimização.

Outra grande vantagem é a robustez matemática das soluções obtidas pelos métodos de cálculo empregados pela programação linear, os quais são facilmente realizados até mesmo por computadores de modesta capacidade de processamento. Assim, todos os modelos formulados neste ensaio podem ser resolvidos por meio do suplemento de programação matemática presente nos aplicativos de planilha eletrônica usualmente adotados (por exemplo, pelo comando "Solver" do Microsoft Excel e do LibreOffice Calc). Em alguns raros casos, as planilhas eletrônicas apresentam soluções apenas aproximadas. O programa LpSolve (disponível em livre acesso em https://sourceforge.net/projects/lpsolve/) fornece soluções mais precisas (recomendamos empregar a linguagem LINDO, a qual é muito próxima da forma como os exemplos numéricos são apresentados no ensaio) e pode ser empregado para a modelagem de problemas de grandes dimensões (dezenas de milhares de variáveis e expressões).

Um modelo de aplicação da programação linear aplicado à análise econômica pode ser formulado de forma genérica da seguinte maneira:

Maximizar a função objetivo $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots\ c_nx_n$

Sujeita às restrições

$$a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \ldots + a_{n1}x_n \leq b1$$
$$a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{n2}x_n \leq b_2$$
$$\ldots$$
$$a_{1m}x_1 + a_{2m}x_2 + \ldots + a_{nm}x_n \leq b_m$$

onde,

Z = soma do resultado econômico

x = atividades (1 a n)

c = resultados econômicos das atividades (1 a n)

a = necessidades de recursos das atividades (1 a n)

b = recursos disponíveis (1 a m)

Uma forma mais sintética de formular um problema de programação linear é obtida por meio do emprego de somatórias (simbolizadas por $\sum$). Esta é a forma como os modelos mais abstratos (isto é, que empregam apenas símbolos e não coeficientes numéricos) são apresentados neste livro. Com o emprego de somatórias o modelo apresentado anteriormente é descrito como,

Maximizar a função objetivo $Z = \sum c_i x_i$

Sujeita às restrições,

$$\sum a_{ij} x_i \leq b_j$$

Há também uma forma ainda mais sintética de formular problemas de programação linear, a qual emprega vetores e matrizes. Assim, a formulação acima ficaria,

Maximizar função objetivo $Z = cx$

Sujeita às restrições

$$Ax \leq b$$

onde,

c = vetor dos resultados econômicos

x = vetor de atividades

A = matriz de coeficientes técnicos

b = vetor de recursos disponíveis

Ao invés de procurar maximizar a função objetivo, pode-se pretender minimizá-la. Neste caso pelo menos uma das restrições deve ser limitante à convergência da solução para zero, o que normalmente é feito por uma restrição " >= b" (e não apenas " <= b", como no problema de maximização).

A solução do modelo seleciona as variáveis x_n, e fornece os seus valores que maximizam a função objetivo. As variáveis x_n selecionadas compõem a "base ótima" da solução do problema. Se não houver uma mudança na composição da base ótima da solução, a variação do valor da função objetivo Z é linear em relação à variação dos coeficientes b_m das restrições. Com a mudança da base ótima, a declividade da reta que descreve o comportamento da solução em relação à variação dos coeficientes b_m das restrições é alterada.

Uma forma precisa de saber quais restrições são ativas na seleção e determinação dos valores das variáveis x_n é por meio da dedução de um problema denominado "dual" a partir do problema descrito acima, denominado "primal". O problema dual possui as seguintes características,

a) se a função objetivo do primal é de maximização, a do dual é de minimização, e vice-versa;

b) se as restrições do primal são do tipo <, as do dual são do tipo >, e vice-versa;

c) os coeficientes dos recursos disponíveis (restrições) do primal são os coeficientes da função

objetivo do dual;

d) os coeficientes da função objetivo do primal são os coeficientes das restrições do dual;

e) o número de restrições do primal é igual ao número de variáveis do dual;

f) o número de variáveis do primal é igual ao número de restrições do dual.

e) os resultados totais das funções objetivo do dual e do primal têm o mesmo valor.

Aplicando estas regras, a formulação do problema dual do modelo é,

Minimizar $D = b_1y_1 + b_2y_2 + \ldots + b_my_m$

Sujeito às restrições

$$a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \ldots + a_{1m}y_m \geq c_1$$
$$a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \ldots + a_{2m}y_m \geq c_2$$
$$\ldots$$
$$a_{n1}y_1 + a_{n2}y_2 + \ldots + a_{nm}y_m \geq c_n$$

onde, além das variáveis definidas no problema primal,

y_m = variação marginal da função objetivo do problema primal pela alteração da restrição b_m

Os métodos de solução de modelos de programação linear são bastante complicados e laboriosos, envolvendo numerosas operações matemáticas. Por outro lado, tais métodos são iterativos, isto é, realizam sempre as mesmas operações obtendo a solução por aproximações sucessivas. Isto, em geral, os torna particularmente fáceis de serem resolvidos por meio de computadores, os quais, em geral, fornecem soluções fiáveis. Esta afirmação é especialmente verdadeira para o pelo pacote Lpsolver, o qual emprega métodos matemáticos que, embora não sejam os mais rápidos, são precisos e confiáveis. Por esta razão não nos preocupamos no livro em discutir como solucionar matematicamente modelos de programação linear.

Por outro lado, de um ponto de vista didático, é interessante discutirmos alguns aspectos matemáticos básicos de modelos de programação linear. Como vimos, um modelo de programação linear se constitui, basicamente, em uma função que se pretende otimizar (ou seja, maximizar ou minimizar), sujeita a restrições. No caso dos modelos empregados neste livro, essas restrições se apresentam na forma de desigualdades, mais comumente denominadas "inequações" (sendo as igualdades denominadas "equações"). Essas inequações determinam que um lado da expressão matemática não pode ser maior do que outro. Se é o lado direito que não pode ser maior do o esquerdo, a inequação é expressa pelo símbolo $\leq$, caso contrário pelo símbolo $\geq$. É importante nos habituarmos com a formulação de inequações. Vamos começar com um exemplo. Assim, dada a inequação,

$$10\ x \leq 200$$

o valor máximo de x que respeita as condições descritas por esta inequação é 20 (= 200/10).

O exemplo descrito anteriormente é extremamente simples, quase trivial. Em um caso concreto *x* poderia representar, por exemplo, a produção média por vaca em um rebanho de 10 vacas que produz um total de 200 litros de leite.

No entanto, algumas inequações podem ser mais difíceis de formular. Por exemplo, como pode ser descrita a inequação que represente que a cultura do milho deve ser plantada, pelo menos, a cada três anos em uma rotação de quatro anos com a cultura da soja? Neste caso temos,

$$3 \text{ milho} \geq \text{soja}$$

$$\text{soja} \leq 3 \text{ milho}$$

$$\text{soja} - 3 \text{ milho} \leq 0$$

Assim, se a cultura da soja for plantada em 15 hectares, por exemplo, a cultura do milho deverá ser plantada em, pelo menos, 5 hectares para satisfazer a inequação. É importante salientar que se toda a área for plantada apenas com milho a inequação é satisfeita (conforme indicado pela expressão "pelo menos", que indica uma desigualdade e não uma igualdade).

Voltando ao modelo descrito, a solução do problema dual possui uma interpretação econômica importante. Assim, enquanto os valores das variáveis selecionadas para compor a solução do problema primal correspondem ao nível ótimo das atividades, o valor das variáveis da solução dual fornece a variação marginal dos coeficientes do lado direito das restrições. Em outras palavras, a solução do problema dual fornece o quanto aumentaria o resultado da função objetivo do problema primal se houvesse a disponibilidade de uma unidade a mais do recurso representado pelo coeficiente uma dada restrição (também do problema primal), considerada isoladamente.

Esta interpretação suscitou um enorme entusiasmo nos neoclássicos pela programação linear. Aparentemente ela aporta uma evidência incontestável da abordagem marginalista da formação dos preços por eles defendida. No entanto, logo as contradições ficaram claras. Para que o problema dual possa fornecer os preços, a função objetivo do problema primal deve ser formulada considerando a utilidade dos produtos em termos físicos, mas por meio de uma unidade comum. Mas a utilidade é uma noção subjetiva. Não é possível encontrar uma unidade comum para comparar a utilidade de dois produtos de consumo final e menos ainda de meios de produção e de recursos naturais. O argumento normalmente avançado pelos neoclássicos é que não é a utilidade em si, mas a utilidade marginal que define a verdadeira utilidade de um produto. Mas a utilidade marginal não pode ser empregada para formular a função objetivo do problema primal, na medida em que ela deveria ser fornecida pela solução do problema dual, correspondendo assim aos preços. Vale assinalar, no entanto, que muito antes do desenvolvimento da programação linear os neoclássicos já se debatiam com o problema da falta de uma medida comum para a utilidade. Stanley Jevons, um dos primeiros teóricos neoclássicos,

já em 1870 chega a indicar que a utilidade poderia ser medida negativamente, por meio da "desutilidade" do trabalho, afirmando que isto colocaria sua teoria em uma forma mais geral, ao dizer que,

> "Eu tenho expressado o sentimento em mais do que um lugar que toda a teoria poderia provavelmente ter sido colocada em uma forma mais geral tratando o trabalho como uma desutilidade, e assim colocando-a sob as ordinárias equações de troca."[16]

Evidentemente, esta possibilidade foi descartada pelos neoclássicos, pois ela implicaria no abandono da sua crítica à consideração do trabalho como fundamento do valor, o que os impediria de fazer a vergonhosa apologia do capitalismo que lhes é característica. A redundância da teoria dos preços proposta pelos neoclássicos revelada pela programação linear fez com ela fosse praticamente por eles abandonada para a análise da determinação dos preços, que procuraram outras abordagens matemáticas (sempre problemáticas) para elaborar seus modelos de equilíbrio. A programação linear ficou confinada a problemas microeconômicos, nos quais os valores da solução dual são calculados a partir dos valores monetários que constam no problema primal. É por esta razão que os neoclássicos denominam de "preços sombra" os que são definidos pelo problema dual, isto é, são preços que, de acordo com os neoclássicos, não são verdadeiros preços, mas apenas uma (fantasmagórica) "sombra" dos preços.

Mesmo um economista neoclássico de grande prestígio, como Tjalling Charles Koopmans, que viria a ganhar o prêmio Nobel de economia em 1975 justamente por suas pesquisas sobre modelos de "análise de atividades" (como os neoclássicos em geral denominam a programação linear), não sabia ao certo como interpretar os multiplicadores de Lagrange (os valores duais em seu sentido matemático). Expressando a opinião geral dos economistas, Koopmans admitia que os multiplicadores de Lagrange podiam, mas não deviam (!), ser identificados como preços. Na dúvida entre denominá-los de "valores" (um termo definitivamente fora de moda entre os neoclássicos) e "preços sombra", finalmente decidiu por esta última expressão[17].

Vale salientar que os "preços sombra" fornecidos pela solução do problema dual são bastante úteis do ponto de vista microeconômico. Por exemplo, pode-se definir se a produtividade marginal por área justifica economicamente o arrendamento de mais terra, dado o preço do arrendamento. Mas

16 "I have expressed a feeling in more than one place that the whole theory might probably have been put in a more general form by treating labour as a negative utility, and thus bringing it under the ordinary equations of exchange." JEVONS, S. **The theory of Political Economy.** New York: Augustus M. Keller, Bookseller (Reprints of economic classics), 1965, prefácio à segunda edição de 1879.

17 DÜPPE, T. **Koopmans in the Soviet Union. A travel report of the summer of 1965.** Journal of History of Economic Thought, Vol. 38, Issue 1, 2016, p. 81-104.

de um ponto de vista macroeconômico (no qual os preços são definidos) os preços da terra (ou do seu arrendamento) não podem ser definidos com base na sua utilidade, por esta não poder ser expressa de forma consistente na função objetivo do problema primal. As contradições relativas ao papel do lucro na definição dos preços possuem essa mesma natureza.

Enfim, para ilustrar uma aplicação da programação linear, vamos supor que um agricultor disponha de 50 hectares de terra e 650 horas de trabalho. A cultura da soja lhe proporcionaria um resultado econômico de R$ 2.000,00/ha, exigindo 15 horas/ha para ser cultivada e a do milho R$ 1.700,00/ha, cujo cultivo exige 10 horas/ha. Qual área de cada cultura ele deve plantar para maximizar o resultado econômico?

O problema primal, que define as áreas das culturas que maximizam o resultado econômico pode ser descrito como,

Maximizar 2000 soja + 1700 milho

sujeito às restrições

área) soja + milho <= 50

trabalho) 15 soja + 10 milho <= 650

O resultado econômico máximo, obtido pela solução do problema, seria de R$ 94.000,00, obtido pela cultura de 30 hectares de soja e 20 hectares de milho.

A partir do problema primal, foi deduzido o problema dual, descrito como,

Minimizar 50 área + 650 trabalho

sujeito às restrições

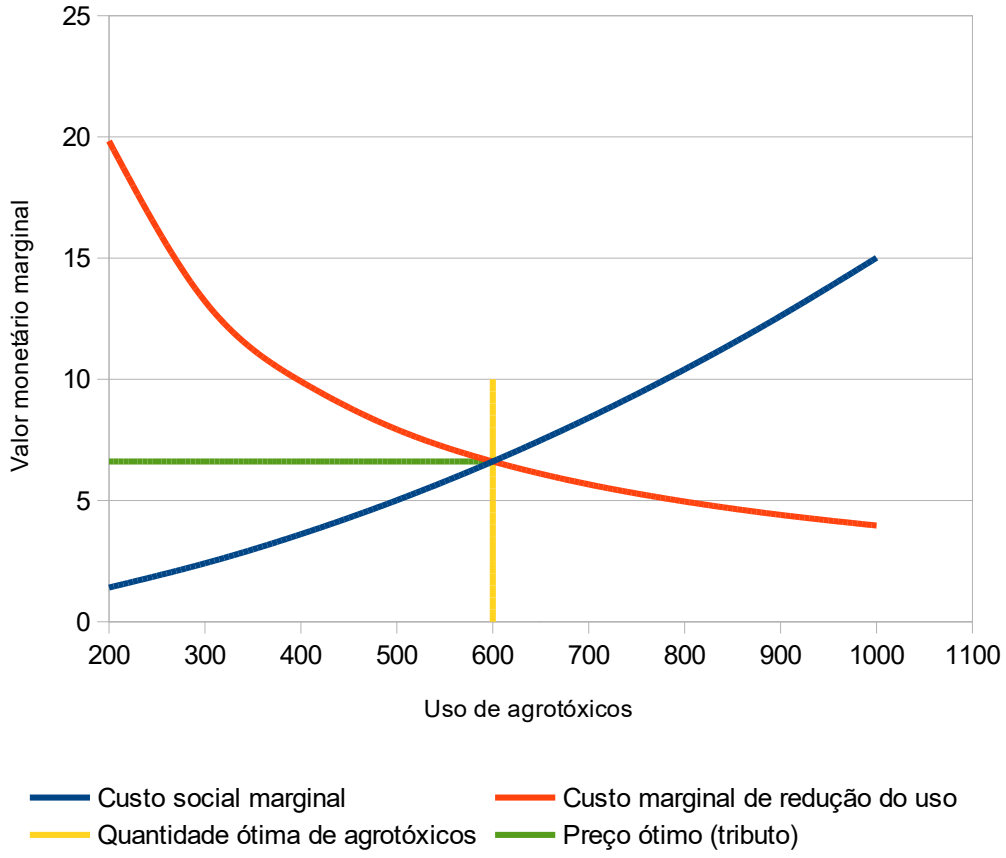
soja) área + 15 trabalho >= 2000

milho) área + 10 trabalho >= 1700

A solução indica um resultado econômico de R$ 94.000,00 (mesmo do problema primal) e que a produtividade marginal da área é de R$ 1.100,00/ha e do trabalho de R$ 60,00/ha. Neste caso o resultado econômico indica o custo total dos recursos área de terra e tempo de trabalho.

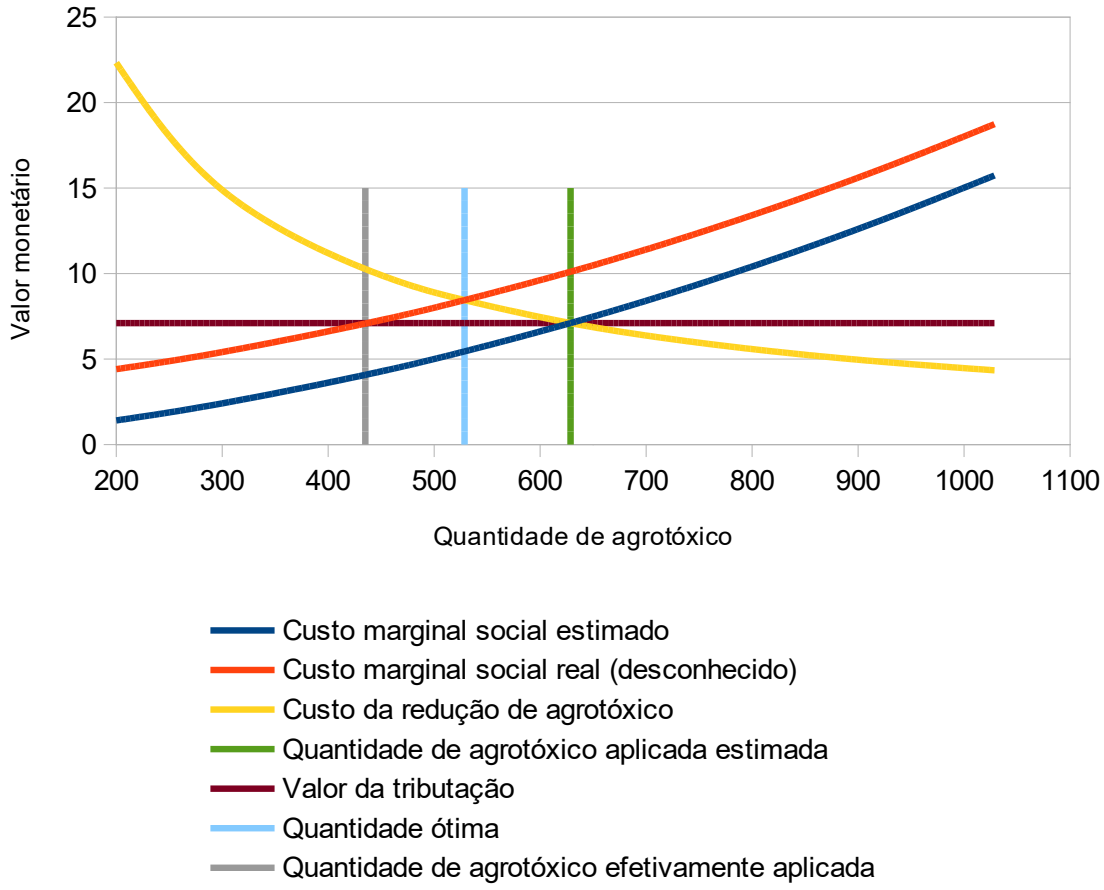
Apêndice II: a internalização de custos provocados por problemas ambientais de acordo com a teoria neoclássica

Segundo a corrente neoclássica (teoria dominante na economia), as externalidades negativas, assim como os benefícios que a sua internalização traria para a sociedade, podem, a princípio, ser medidas em termos monetários. A partir disto seria possível determinar um ponto ótimo de internalização, o qual corresponderia à igualdade entre o custo social marginal da externalidade e o custo marginal da internalização. Formalmente, este procedimento seria bastante simples, como mostra o exemplo da redução do uso de agrotóxicos, mostrado no gráfico abaixo. Observa-se neste gráfico que o custo social marginal aumenta com o aumento da quantidade aplicada de agrotóxicos. Por outro lado, o custo marginal para realização das mudanças tecnológicas necessárias para reduzir o uso de agrotóxicos diminui quanto maior a quantidade aplicada.



Neste caso, os níveis ótimos da cobrança de impostos sobre os agrotóxicos (preço), ou da quantidade aplicada definida por medidas de comando e controle, poderia ser determinado pela intersecção entre as curvas do custo social marginal e do custo marginal de internalização pelas empresas.

Evidentemente, mesmo os neoclássicos não acreditam muito na medida dos custos ambientais em termos estritamente monetários. No entanto, segundo eles, isto implica apenas em uma questão de incerteza em relação a essa medida. Assim, é possível, segundo os neoclássicos, definir curvas de custos que englobam os limites dos valores incertos e, a partir, delas definir as medidas de política baseadas em critérios estritamente econômicos. Neste caso o gráfico que descreve as curvas de custos marginais social e de uso de agrotóxicos é mostrado abaixo.



Assim, de acordo com a teoria neoclássica, em condições de incerteza haveria apenas uma perda de eficiência da política de redução do uso de agrotóxicos, proporcional à exatidão da estimativa do seu custo social. Porém, de qualquer forma, seria possível determinar uma política de redução do uso de agrotóxicos a partir de critérios estritamente econômicos, na medida em o custo social poderia ser medido, mesmo que de forma imprecisa. O preço dos produtos finais, que compensariam o aumento do custo, seria determinado pelo mercado.

Enfim, uma interpretação neoclássica estritamente ortodoxa das relações mostradas nos gráficos anteriores é a de que a avaliação monetária dos custos sociais pelos consumidores poderia obrigar as empresas a internalizá-los. Neste caso o próprio mercado se tornaria capaz de regular o uso de agrotóxicos. A questão central se tornaria, assim, a de informar os consumidores dos efeitos dos agrotóxicos sobre o ambiente e das suas implicações sobre a saúde humana, de forma que eles pudessem avaliar com mais precisão o valor de uso, de quase uso, de existência e de legado dos custos ambientais e sanitários do uso de agrotóxicos. Desta avaliação resultaria certa disposição dos consumidores a pagar por produtos cuja geração evitaria o uso de agrotóxicos, assim como provocaria a diminuição da demanda dos produtos gerados com agrotóxicos. No entanto, a eficiência deste mercado depende de forma crucial da avaliação pelos consumidores dos custos ambientais em termos monetários.

O problema que se coloca, porém, é o caráter qualitativo e, portanto, incomensurável das riquezas destruídas, o que não pode ser reduzido a uma questão de incerteza da medição do seu custo em termos monetários. Assim, há numerosas evidências científicas que certos agrotóxicos provocam câncer. Como medir, em termos monetários, o custo social da incidência de câncer? Por meio do custo do seu tratamento? Mas isto implicaria que o desenvolvimento de tratamentos mais baratos permitiria um aumento do uso de agrotóxicos, aumentando a incidência de câncer? E no caso de um câncer altamente letal, cujo tratamento seria "barato" em função da sua pouca efetividade (ou seja, porque seria incapaz de impedir que os pacientes morressem rapidamente)?

Este exemplo (um tanto extremo, é verdade) mostra claramente como é difícil avaliar custos sociais decorrentes de externalidades negativas provocadas por problemas ambientais de forma estritamente monetária.

Apêndice III: a alocação dos recursos e a natureza da ciência econômica

A alocação de recursos diante da escassez desempenha um papel importante na definição da natureza da ciência econômica, positiva ou negativamente. Para os neoclássicos, a escassez é a questão central da economia. Por exemplo, em um dos manuais mais utilizados no seu ensino, a ciência econômica, de acordo com os neoclássicos, é definida da seguinte forma

> "A economia estuda como pessoas, empresas, governos e outras organizações de nossa sociedade fazem escolhas. (...) A escassez ocupa um lugar de destaque na economia: as escolhas tem importância porque os recursos são escassos."[18]

Para os neoclássicos, portanto, é a partir das escolhas realizadas pelos agentes econômicos como indivíduos isolados que se pode analisar o comportamento da economia como um todo. Sendo estas escolhas racionais, em condições adequadas, o sistema econômico exibiria um comportamento racional, tendendo a um estado ótimo em que a produção seria maximizada e sua distribuição seria realizada de acordo com a contribuição de cada agente para a sua obtenção. Esquematicamente, este processo ocorreria a partir do fato dos indivíduos tomarem as suas decisões baseando-se na avaliação do grau de escassez de algo que lhe é útil, (o qual é considerado como algo dado, um "bem"), atribuindo-lhe um preço. Assim, entre dois bens alternativos (ou em um processo de troca), o indivíduo poderia tomar uma decisão racional. A agregação das escolhas racionais proporcionaria, assim, racionalidade ao conjunto do sistema econômico, a qual se manifestaria pela sua otimização por meio de preços eficientes. A partir deste pressuposto, a existência de fundamentos microeconômicos é considerada pelos neoclássicos como essencial para a compreensão de qualquer comportamento observado do conjunto do sistema econômico (princípio que ficou conhecido pelo termo individualismo metodológico, já evocado no primeiro capítulo).

No entanto, como vimos, em sociedades onde há uma alta divisão do trabalho, o que exige a realização de trocas, os indivíduos só podem fazer escolhas a partir de preços já formados. Os preços, portanto, não podem ser formados por processos microeconômicos, baseados nas escolhas individuais nas unidades de produção. Estes processos, quando agregados, podem apenas alterar os preços.

Esta dificuldade não ocorre quando analisamos a formação dos preços na perspectiva do materialismo histórico, adotada neste texto. Nesta perspectiva, é impossível conceber os indivíduos isolados das condições sociais que os determinam, na medida em que estas são as responsáveis pela própria individualidade. A emergência e a evolução da individualidade baseiam-se nas possibilidades

18 Stiglitz, J.; Walsh, C. Introdução à Microeconomia. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2003, p. 8-9.

abertas pelo processo de trabalho, o qual se constitui, de acordo com o materialismo histórico, no processo ontológico fundamental do ser social.[19] Assim, não há indivíduo sem sociedade. O acesso dos indivíduos aos produtos gerados pelo trabalho e aos recursos naturais depende da sua condição de classe determinada a partir de relações sociais de produção, de propriedade e de troca. A repartição dos produtos do trabalho e dos recursos naturais entre as classes sociais ocorre antes que os indivíduos nas unidades de produção possam realizar as suas escolhas. É neste processo social de repartição que são determinados os preços. No modelo proposto, isto está expresso pelo fato do perfil da demanda de produtos do trabalho e a quantidade de recursos naturais serem variáveis exógenas, o que possibilita interpretá-las como determinadas por relações sociais de produção e de propriedade e pelo estado das lutas de classes que ocorre a partir das mesmas. Apenas a partir dos preços assim definidos é que os agentes econômicos podem efetuar suas escolhas. Mas isto exclui a atribuição de uma racionalidade global ao sistema econômico, especialmente no capitalismo, no qual as próprias relações sociais que lhe são características podem se constituir em um obstáculo a formação de preços eficientes, gerando contradições entre a geração de riquezas sociais e a satisfação das necessidades da sociedade, assim como em relação a sua sustentabilidade ecológica. São estas contradições que se originam a instabilidade e as recorrentes crises do capitalismo. Por outro lado, é importante salientar que a determinação social do acesso às riquezas não elimina a liberdade dos indivíduos. Os preços não determinam rigidamente, mas orientam as escolhas dos agentes econômicos. O marco distintivo da espécie humana é que ela não reage mecanicamente às suas condições de existência, mas cria novas alternativas na medida em que progride o seu conhecimento sobre os processos causais que, ao lado das posições teleológicas, integram o processo de trabalho.

Diante do exposto nos parágrafos anteriores, é impossível não concordar com Marx quando este denuncia a vulgarização da economia, sustentando a posição da economia política como estudo das relações sociais que determinam a produção e a distribuição de riquezas, contra a economia vulgar que se concentra sobre o problema da escolha em condições de escassez, isolando a ciência econômica das relações sociais. Mas isto levou os marxistas a negligenciar o problema da escassez, como se este implicasse necessariamente nos pressupostos neoclássicos. Esta negligência não encontra qualquer respaldo no materialismo histórico, como pode ser constado por meio do modelo baseado na teoria do valor de Marx apresentado neste texto.

A compreensão da natureza da economia, especialmente no que diz respeito às categorias da riqueza, do valor e do preço, é crucial na análise de sistemas de produção. Isto porque, de uma maneira

19 LUKÁCS, G. **Para uma ontologia do ser social I.** São Paulo: Boitempo, 2013

geral, há uma enorme confusão sobre as diferenças de significado entre estas três categorias. Mesmo entre marxistas, quase sempre o valor é considerado como um indicador de riqueza, sendo que a determinação dos preços a partir da equalização das taxas de lucro (forma como ela é tradicionalmente considerada pelos marxistas) é de pouca serventia. Entre os neoclássicos a confusão é ainda maior na medida em que para esta corrente da economia, fundamentalmente, não há diferença entre valor e preço.

A compreensão das diferenças entre as categorias da riqueza, do valor e do preço é incontornável para que se saiba o significado do resultado econômico proporcionado por um sistema de produção. Além disto, a compreensão de que os preços, mais do que um simples intermediário para as trocas é, também, uma fonte de informação para os agentes microeconômicos (e que tipo de informação é esta) é de suma importância para que se possa avaliar com precisão as consequências de uma intervenção sobre um sistema de produção.

Enfim, é apenas a partir da compreensão da distinção entre valor monetário e riqueza que se pode adotar procedimentos adequados para a análise econômica de externalidades. No caso da agricultura, esta análise é suma importância, dado o caráter destrutivo das externalidades negativas provocadas pelo padrão tecnológico atualmente dominante na agricultura.

Apêndice IV: sobre as inconsistências da teoria neoclássica

As inconsistências da teoria neoclássica do capital foram intensamente debatidas na chamada "controvérsia dos Cambridge", desencadeada por um artigo em que Joan Robinson[20] elabora uma ácida crítica à corrente neoclássica. A polêmica entre a Escola de Cambridge do Reino Unido e os pesquisadores do Massachussets Institut of Technology, sediado em Cambridge (EUA), envolveu os fundamentos da economia neoclássica, a começar pela própria função de produção proposta por esta corrente. É interessante mostrar como a própria Joan Robinson, da Escola de Cambridge do Reino Unido, em seu artigo se manifesta sobre esta questão ao afirmar que,

> "A função de produção tem sido um poderoso instrumento de deseducação. O estudante de teoria econômica é ensinado a escrever $O = f(L, C)$ onde L é uma quantidade de trabalho, C uma quantidade de capital e O a taxa de produção de commodities. Ele é instruído a assumir que todos os trabalhadores são iguais, e medir L como homens-hora de trabalho; é dito para ele alguma coisa sobre o problema do número-índice envolvido em escolher uma unidade de produto; e então ele é conduzido apressadamente para a próxima questão, na tentativa de que ele esqueça de perguntar em qual unidade C é medido. Antes mesmo que ele pergunte, ele já se tornou um professor, e assim preguiçosos hábitos de pensamento são passados de uma geração para a próxima."[21].

Uma forma de contornar a inconsistência apontada na citação acima é desde o início atribuir preços aos fatores de produção, os quais, segundo os neoclássicos, estariam relacionados à "utilidade" dos mesmos. O problema é que isto torna impossível calcular preços a partir da utilidade, na medida em que esta já seria o próprio preço[22]. Em outras palavras, a formação dos preços dependeria dos preços. Recorrendo a sua teoria do valor utilidade, os neoclássicos alegam que na verdade se trata de um processo de ajuste dos preços. Mas o problema é que esta circularidade passa a envolver outras categorias econômicas fundamentais, como o capital e o lucro, os quais não podem determinar os preços na medida em que sua existência pressupõe preços já definidos. A expressão em termos monetários do capital e do lucro passa, assim, a ser tautológica, impossibilitando uma explicação consistente dos processos responsáveis pela sua formação. Estas inconsistências da teoria do capital neoclássica e da sua explicação da origem do lucro foram intensamente debatidas na "controvérsia dos Cambridge", na qual os neoclássicos foram incapazes de refutar as críticas dos autores da Escola

20 ROBINSON, J. The Production Function and the Theory of Capital. **Review of Economic Studies**, 21(2), 1953-1954, p. 81-106.

21 Idem.

22 O que impede a consideração da "teoria da utilidade" neoclássica como uma verdadeira teoria do valor, conforme HARRIBEY, J.-M., **La richesse, la valeur et l'inestimable. Fondements d'une critique socio-économique de l'économie capitaliste**. Paris: Les Liens qui Libèrent, 2013, p. 137-157.

britânica. Trabalhos recentes têm aprofundado a análise da função de produção neoclássica, com resultados que deixam pouca margem a dúvidas sobre a sua total inconsistência[23]. Enfim, é interessante observar que, antes mesmo do surgimento da economia neoclássica, o próprio Marx já havia detectado estas inconsistências no que ele denominava de "economia vulgar", afirmando que, nesta última,

> "consiste igualmente numa contradição, um círculo vicioso, do movimento efetivo, o fato que, de um lado, o preço das mercadorias determina o salário, a renda e os juros, de outro, o preço do juro, da renda e do salário determinam o preço das mercadorias."[24]

Assim, dada a forma geral da função de produção neoclássica, descrita como,

$$Y = A\, f(K, L) \tag{95}$$

onde

Y = produto

A = eficiência dos fatores

K = capital

L = trabalho

Segundo os neoclássicos, por meio de funções de produção formuladas a partir da forma geral mostrada acima seria possível demonstrar que salários e lucros corresponderiam à produtividade marginal dos fatores trabalho e capital, respectivamente. E, o que é mais interessante, é que esta demonstração seria corroborada por um grande número de análises estatísticas. A repartição da produção seria, assim, determinada estritamente pelas relações técnicas entre capital e trabalho, o que excluiria definitivamente a necessidade de considerar as relações sociais para a sua compreensão.

---

23 FELIPE, J.; MACCOMBIE, J.S.L. The Aggregate Production Function: 'Not Even Wrong'. **Review of Political Economy**, 26(1), 2015, p. 60-84. GUERRIEN, B ; GUN, O. En finir, pour toujours, avec la fonction de production agrégée? Jesus Felipe and John S.L. MacCombie, The Aggregate Production Function: 'Not Even Wrong'. **Revue de la regulation** [En ligne], 15, juin 2014, consultado em 20 de abril de 2017, URL: https://regulation.revues.org/10802.

24 MARX, K. O rendimento e suas fontes – A economia vulgar. In MARX, K. **Manuscritos econômico-filosóficos e outros textos escolhidos.** (Coleção Os Pensadores, seleção de textos de José Arthur Giannotti), São Paulo: Abril Cultural, 1978 [1862], p. 296.

Infelizmente para os neoclássicos, as discussões ocorridas no âmbito da controvérsia dos Cambridge mencionada anteriormente demonstraram que a falta de uma medida objetiva que permita colocar capital e trabalho numa mesma expressão torna as funções de produção neoclássicas matematicamente inconsistentes, o que invalida qualquer demonstração realizada a partir delas. Como já comentado, estudos posteriores demonstraram, também, que tais funções não podem ser testadas estatisticamente, pois se tratam de identidades e não de equações. Em outras palavras tais funções são meras tautologias. Outra objeção que pode ser levantada a estas funções diz respeito ao coeficiente "*A*". Como este coeficiente, relacionado (vagamente) à tecnologia, não é mensurável (contribuindo apenas para "explicar" o crescimento da produção), estatisticamente ele corresponde a uma variável de erro, ou seja, que corrige os desvios entre os dados estatísticos e os resultados dos modelos elaborados com base na função de produção. Não é de surpreender, portanto, que funções de produção neoclássicas apresentam altas correlações estatísticas entre produção e contribuição marginal dos fatores.

Diante das críticas endereçadas à teoria neoclássica um argumento que pode ser formulado é que a função de produção não é algo a ser testado, mas se constitui em um "pseudo pressuposto paradigmático"[25]. Neste sentido o fato da função de produção não poder ser testada empiricamente ou demonstrada matematicamente (de forma consistente) não colocaria obstáculo algum ao seu emprego na pesquisa científica, na medida ela deveria ser considerada como "auto evidente", servindo assim para demarcar um paradigma. Neste sentido, ela seria um ponto de partida que deveria ser avaliado pela sua fecundidade em proporcionar resultados de pesquisa que contribuam para o avanço do conhecimento e não algo a ser testado diretamente.

O problema deste ponto de vista é que os estudos neoclássicos relativos à distribuição da renda na economia entre capital e trabalho proporcionam resultados confusos, ou de uma banalidade risível quando comparado com estudos baseados em outras correntes da economia. Em um recente relatório do Fundo Monetário Internacional[26], por exemplo, os autores analisam a divisão da renda entre o "mark-up" das empresas e os salários com base na teoria neoclássica. Sendo o mark-up a parte correspondente ao lucro menos os juros do capital financeiro, o qual é apropriado pelas empresas, lê-

25 Como proposto por KUHN, T. Remarks on incommensurability and translation. In FAVARETTI, R. R.; SANDRI, G.; SCAREZZI, R. (ed.) **Incommensurability and Translation. Kuhnian Perspectives on Scientific Communication and Theory Change**. Chetelnham: Edward Elgar, 1999.

26 DIEZ, F.; LEIGH, D.; SUCHANAN, T. Global Market Power and its Macroeconomic Implications. IMF Working Paper, 2018 (disponível em http://pinguet.free.fr/fmi18137.pdf, acessado em 16 de outubro de 2018).

se no obviedades no relatório como "Nós encontramos uma forte relação positiva entre o markup [ou seja, o lucro das empresas] com outros indicadores de rentabilidade ao nível das empresas"[27] (em outras palavras, há uma forte relação positiva entre o lucro e a lucratividade...), ou resultados totalmente banais de um ponto de vista marxista, mas considerados como importantes descobertas pelos autores do relatório como, por exemplo, quando estes afirmam que "a relação entre maiores lucros e a parte dos salários perfaz um negativo e estatisticamente significante coeficiente de estimação".[28] Como comentado por um autor ao analisar este relatório, felizmente (para os neoclássicos) o ridículo não mata.[29]

27 "We find a strong positive relation between markups and broad measures of profitability at the firm level". Idem, p. 5.

28 "the relation between higher markups and the labor share features a negative and statistically significant coeficiente estimated β" Idem, p. 6.

29 HUSSON, M. Quand les économistes mainstream redécouvrent le profit. Altenatives économiques nº 382, setembro de 2018 (disponível em https://www.alternatives-economiques.fr//michel-husson/economistes-mainstream-redecouvrent-profit/00085776?utm_source=emailing&utm_medium=email&utm_campaign=NL_Quotidienne%252F03092018, acessado em 16 de outubro de 2018).

Apêndice V: exemplo de análise econômica de uma unidade de produção agropecuária

Tipo de agricultor: familiar leite-grãos tração mecanizada incompleta

Superfície total (ha)	17
S. agrícola útil (ha)	15
Unid. trab. familiar	4,5

Índices zootécnicos do rebanho

Natalidade	75%
Mortalidade	6%
Idade 1ª cria	2

Efetivo das categorias animais (média anual)

	Nº cabeças
Vacas (total)	25
Vacas em lactação	15,56
Vacas secas	9,44
Terneiros total	18,75
Terneiras (0-1 a.)	9,38
Novilhas (1 a 2 a.)	8,81
Vacas de reforma	6,78

PB do Leite área: 4,8

Nº vacas em lactação	Produção (litros)	Produção/dia	Produção anual	Preço (litro)	Produção bruta
15,56	21,5	334,59375	122126,71875	0,96	117.241,65

PB da Soja

Área	Sacos/ha	Produção	Preço/saca	PB
10	57	570	55,00	31.350,00

PB do Trigo

Área	Rend/ha	Produção	Preç/saca	PB
10	30	300	35,00	10.500,00

PB Subsistência Área (ha): 0,2

Itens	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Total
Leite	700	l	0,85	595,00
Carne Bovina	900	kg	6,00	5.400,00
Carne Suína	500	kg	5,00	2.500,00
Carne de Frango	300	kg	3,00	900,00
Ovos	50	dúzia	3,00	150,00
Mandioca	300	kg	1,20	360,00
Feijão	150	kg	2,50	375,00
Total PB Subsistência				10.280,00

Consumo Intermediário da soja

Atividade	Soja	Área	10	
Itens	Dose/ha	Unidade	Preço Unitario	Total
Semente	45	kg/ha	2,80	1.260,00
Dessecante	2	l/ha	12,50	250,00
Inseticida	1	l/ha	60,00	600,00
Adubo	200	kg/ha	1,10	2.200,00
Diesel	7	l/ha	2,25	157,50
Fungicida	0,3	l/ha	135,00	405,00

Consumo Intermediário do trigo

Atividade	Trigo	Área(ha)	10	
Itens	Dose/ha	Unidade	Preço Unitario	Total
Semente	200	kg/ha	1,30	2600,00
Dessecante	2	l/ha	12,50	250,00
Pós-emergente	0,1	g/ha	750,00	750,00
Inseticida	0,05	l/ha	145,00	72,50
Adubo	200	kg/ha	1,10	2200,00
Diesel	5	l	2,25	112,50
Uréia	2	sc/ha	68,00	1360,00
Colheita		PB	8,00%	840,00
Total CI Trigo				8185,00

Consumo Intermediário Do Milho Silagem

Atividade	Milho	Área(ha)	2	(safra + safrinha)
Itens	Dose/ha	Unidade	Preço Unitario	Total
Semente	1	sc	450,00	900,00
Dessecante	3	kg/ha	28,00	168,00
Pós-emergente	5	l/ha	13,00	130,00
Inseticida	1	l/ha	20,00	40,00
Adubo	450	kg/ha	1,50	1350,00
Diesel	50	l/ha	2,25	225,00
Uréia	5	sc/ha	68,00	680,00
Total CI Milho				3493,00

Consumo Intermediário do Tifton

Atividade	Tifton	Área (ha)	1	
Itens	Dose/ha	Unidade	Preço	Total
Esterco	5	carga/ha	25,00	125,00

Consumo Intermediário da Aveia e do Azevem de (inverno)

Atividade	Aveia	Área(há)	3,8	
Itens	Dose/ha	Unidade	Preço	Total
Semente aveia	100	kg/há	1,15	437
Adubo	100	kg/há	1,4	532
Semente azevem	80		4,8	1459,2
Uréia	2	saca/há	68	516,8
Total				2945

Consumo intermediário subsistência

CI subsistência	200

Consumo Intermediário do Leite (gastos diretos)

Itens	Dose	Unidade	Preço Unitário	Total
Vacinas				1.500,00
Inseminação	7	vacas	25,00	175,00
Lona Silagem	100	m²	2,00	200,00
Luz				1.992,00
Manutenção Ordenhadeira				3.000,00
Ração	41678,4375	kg/ano	0,96	40.011,30
Sal Mineral	50	sc/ano	50,00	2.500,00
Maq. silagem	20	horas	100,00	2.000,00
Outros Gastos				5.000,00
Total CI do Leite (gastos diretos)				56.378,30

Consumo intermediário total do leite	62.941,30

Cálculo da Depreciação (D)

Depreciação das Instalações

Itens	Valor Novo	Vida Útil	Valor Residual	Total
Galpão madeira	112000	20	10%	5040,00
Galpão alvenaria	188000	20	10%	8460,00
Sala de ordenha	30000	20	10%	1350,00
Total D das Instalações				14850,00

Depreciação das Máquinas e Equipamentos

Itens	Valor Novo	Vida Útil	Valor Residual	Total
Semeadora IMASA	30000	20	20%	1200
Funil	5000	10	20%	400
Colhedora SLC 1000	20000	20	20%	800
Carretão	1500	10	20%	120
Trator Valmet 785	110000	20	20%	4400
Segadora	5000	10	20%	400
Grade	4500	20	20%	180
Ordenhadeira	5000	10	20%	400
Resfriador Granel	8000	15	20%	426,7
Pulverizador	25000	15	20%	1333
Total				9660,00
Total da Depreciação			24.510,00	

Cálculo da Distribuição do Valor Agregado, exceto a renda agropecuária (DVA-R)

Itens	Unidade	Quantidade	Valor Unit	VI Total
Funrural leite	PB	2,30%	117.241,65	2.696,56
Funrural soja	PB	2,30%	31.350,00	721,05
Funrural trigo	PB	2,30%	10.500,00	241,50
Sindicato	ano			500,00
Total DVA-R				4.159,11

QUADRO SÍNTESE DOS RESULTADOS DAS ATIVIDADES

Atividade	PB	CI	VAB	VAB/ha	VAB (%)	Área
Soja	31350,00	9917,00	21433,00	2143,30	19%	10
Leite	117241,65	62941,30	54300,35	11312,57	69%	4,8
Subsistência	10280,00	200,00	10080,00	50400,00	6%	0,2
Trigo	10500,00	8185,00	2315,00	231,50	6%	10
Total	169371,65	81243,30	88128,35		100%	

QUADRO SÍNTESE DE RESULTADOS POR SUBSISTEMA

Atividade	PB	CI	VAB	VAB/ha	VAB (%)	Área
Soja/Trigo	41850,00	18102,00	23748,00	2374,80	25%	10
Leite	117241,65	62941,30	54300,35	11312,57	69%	4,8
Subsistência	10280,00	200,00	10080,00	50400,00	6%	0,2
Total	169371,65	81243,30	88128,35		100%	

Modelo global do valor agregado
VA/UT = (pb-ci-dp)*(SAU/UT) - Dnp/UT
VA/UT = a*(SAU/UT) - b

Coeficientes

a =	5.785,22
b =	5146,67

Tabela

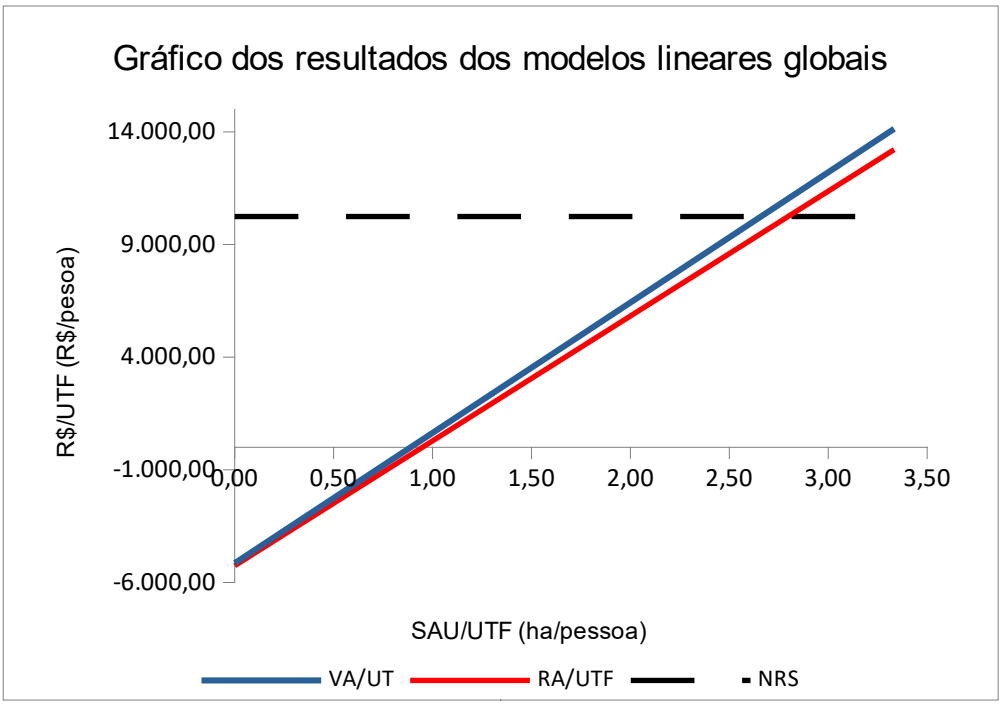
Coeficientes

a =	5.541,28
b =	5.257,78

Tabela

SAU/UTF	RA/UTF	NRS
0,00	-5.257,78	10.244,00
3,33	13.213,16	10.244,00

SAU/UTF para rep. social	2,8	ha/pessoa



Subsistema	SAU	PB	CI	Deprec. propor-cional	DVA-R prop.	Dep. não prop. específica	Contri-buição absoluta	DVA não prop.	Dep.não prop. geral	Renda/ UTF
Subsistência	0,2	10.280,00	200,00				10.080,00			
Leite	4,8	117.241,65	62.941,30	1.350,00	2.696,56	1.926,67	48.327,13	500,00		
Soja/Trigo	10	41.850,00	18.102,00		962,55		22.785,45			
TOTAL	15,0	169.371,65	81.243,30	1.350,00	3.659,11	1.926,67	81.192,58	500,00	21.233,33	13.213,16

Composição da renda

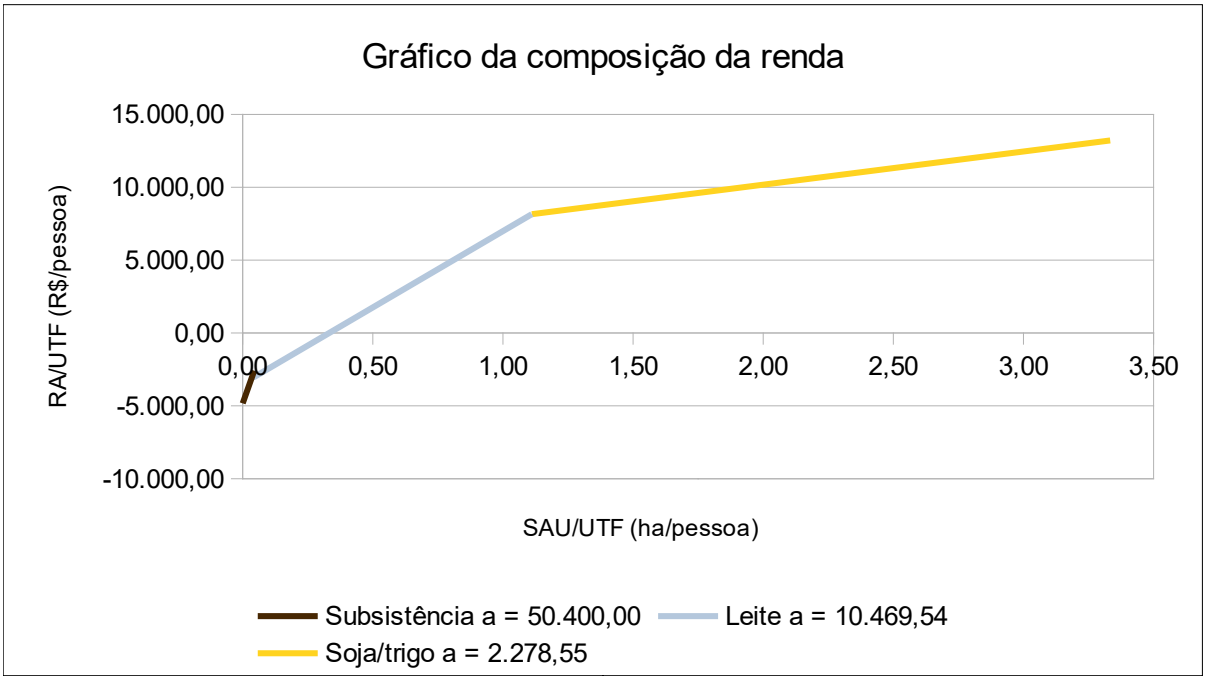
Cálculos básicos

Coeficientes

Subsistema	coef. a	coef. b espefíco	coef. b geral
Subsistência	50.400,00	0,00	4.829,63
Leite	10.469,54	428,15	
Soja/Trigo	2.278,55	0,00	

Tabela do gráfico

SAU/UTF	Subsistência a = 50.400,00	Leite a = 10.469,54	Soja/trigo a = 2.278,55
0,00	-4.829,63		
0,04	-2.589,63	-2.589,63	
0,04		-3.017,78	
1,11		8.149,73	8.149,73
3,33			13.213,16



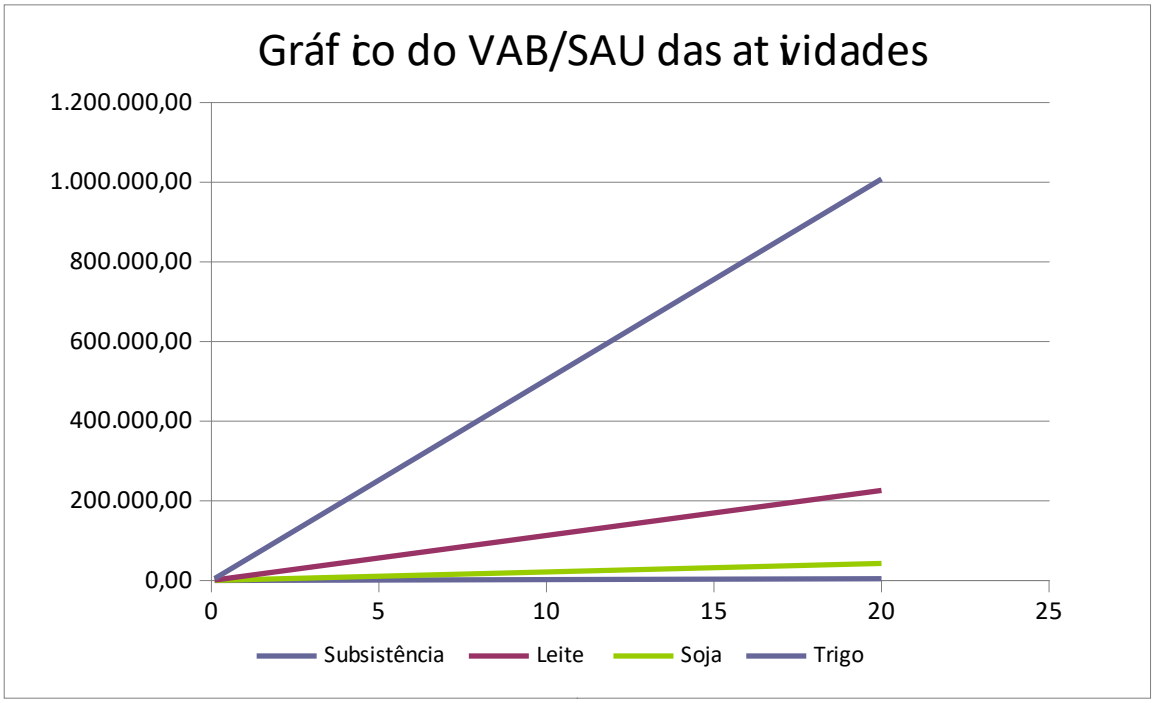
Valor agregado bruto das atividades

Coeficientes

VAB/ha	50.400,00	11.312,57	2.143,30	231,50

Tabela do gráfico

SAU	Subsistência	Leite	Soja	Trigo
0,1	5.040,00	1.131,26	214,33	23,15
20	1.008.000,00	226.251,46	42.866,00	4.630,00


Gráfico do VAB/SAU das atividades
1.200.000,00
1.000.000,00
800.000,00
600.000,00
400.000,00
200.000,00
0,00
0
5
10
15
20
25
Subsistência
Leite
Soja
Trigo

Apêndice VI: exemplo de internalização do custo da ecologização das culturas da soja e do milho

Preços originais

Soja	120
Milho	60
Inseticidas	90
Herbicidas	120
Fungicidas	50
Outros insumos	40

Resultados econômicos por hectare com os preços originais

Variável	Soja convencional	Soja baixo emprego de agrotóxicos	Milho convencional	Milho baixo emprego de agrotóxicos
Sacos/ha	65	40	100	50
Quant. de inseticidas	10	5	12	3
Q. de herbicidas	30	15	18	6
Q. de fungicidas	6	3	5	2
Q. de outros insumos	12	10	12	6,75
Valor da produção	7.800,00	4.800,00	6.000,00	3.000,00
Valor os inseticidas	900,00	450,00	1.080,00	270,00
Valor dos herbicidas	3.600,00	1.800,00	2.160,00	720,00
Valor dos fungicidas	300,00	150,00	250,00	100,00
Valor outros insumos	480,00	400,00	480,00	270,00
Valor agregado bruto	2.520,00	2.000,00	2.030,00	1.640,00

Coeficientes do modelo de determinação do sistema de preços

	Soja convencional	Soja baixo emprego de agrotóxico	Milho convencional	Milho baixo emprego de agrotóxico
VAB/saco	38,7692	50,000	20,3	32,8
Inseticida/saco	0,1538	0,125	0,12	0,06
Herbicida/saco	0,4615	0,375	0,18	0,12
Fungicida/saco	0,0923	0,075	0,05	0,04
Outros ins./saco	0,1846	0,250	0,12	0,135
Área/saco	0,0154	0,025	0,01	0,02

Modelo de definição do sistema de preços (planilha eletrônica)

	Soja	Milho	Inseticida	Herbicida	Fungicida	Outros insumos	Terra	Total	Restrições
Valor monetário									
Preços e renda									
Soja convencional	1		-0,154	-0,462	-0,092	-0,185	-0,015	0,092	38,769
Soja baixo emp. agrotóxico	1		-0,125	-0,375	-0,075	-0,250	-0,015	0,160	50,000
Milho convencional		1	-0,120	-0,180	-0,050	-0,120	-0,010	0,520	20,300
Milho b. emprego de agrot.		1	-0,060	-0,120	-0,040	-0,135	-0,020	0,625	32,800
Inseticida			1					1	90
Herbicida				1				1	120
Fungicida					1			1	50
Outros insumos						1		1	40

Parâmetros para a definição do novo sistema de preços

Aumento do preço dos agrotóxicos	100,00%
Aumento do VAB do sistema soja baixo agrotóxicos	5,00%
Aumento do VAB do sistema milho baixo agrotóxicos	5,00%
Área de terra (ha)	50
Demanda de cada produto (sacos)	1.000

Solução do modelo de definição do sistema de preços (planilha eletrônica)

	Soja	Milho	Inseticida	Herbicida	Fungicida	Outros insumos	Terra	Total	Restrições	Eficiência
Valor monetário	182500	83440	0	0	0	0	0	265.940,00		
Preços e renda	182,5	83,44	180	240	100	40	0			
Soja convencional	182,5		-27,692	-110,769	-9,231	-7,385	0,000	27,423	38,769	Não eficiente
Soja baixo emp. agrotóxico	182,5		-22,500	-90,000	-7,500	-10,000	0,000	52,500	52,500	Eficiente
Milho convencional		83,44	-21,600	-43,200	-5,000	-4,800	0,000	8,840	20,300	Não eficiente
Milho b. emprego de agrot.		83,44	-10,800	-28,800	-4,000	-5,400	0,000	34,440	34,440	Eficiente
Inseticida			180					180	180	
Herbicida				240				240	240	
Fungicida					100			100	100	
Outros insumos						40		40	40	

Resultados econômicos por hectare com o novo sistema de preços

Variável	Soja convencional	Soja baixo emprego de agrotóxicos	Milho convencional	Milho baixo emprego de agrotóxicos
Sacos/ha	65	40	100	50
Quant. de inseticidas	10	5	12	3
Q. de herbicidas	30	15	18	6
Q. de fungicidas	6	3	5	2
Q. de outros CI	12	10	12	6,75
Valor da produção	11.862,50	7.300,00	8.344,00	4.172,00
Valor os inseticidas	1.800,00	900,00	2.160,00	540,00
Valor dos herbicidas	7.200,00	3.600,00	4.320,00	1.440,00
Valor dos fungicidas	600,00	300,00	500,00	200,00
Valor outros insumos	480,00	400,00	480,00	270,00
Valor agregado bruto/ha	1.782,50	2.100,00	884,00	1.722,00

Lista das tabelas

Tabela 1: Solução do modelo para escolha das técnicas eficientes e preços de produção 16
Tabela 2. Valores obtidos a partir da solução do modelo considerando uma demanda de produtos de consumo final de 3,2 unidades físicas. 25
Tabela 3. Valores gerados pelo emprego de 8 unidades de trabalho, considerando os dados da solução do exemplo numérico e lucro correspondente a 20% do valor agregado. 26
Tabela 4: Esquema de reprodução em riquezas 30
Tabela 5: Esquema de reprodução em tempo de trabalho 31
Tabela 6: Esquema de reprodução em valores monetários 31
Tabela 7: Coeficientes do modelo 32
Tabela 8: Preços do produto final e dos meios de produção e renda gerada pela escassez do recurso natural 34
Tabela 9: Resultados econômicos obtidos pela aplicação de 8 unidades de tempo de trabalho. 35
Tabela 10: Características técnicas e econômicas dos sistemas de cultura do milho. 44
Tabela 11: Coeficientes do modelo 44
Tabela 12: Resultados econômicos dos sistemas de cultura de milho com um aumento de 120% no preço dos agrotóxicos e de 30% do valor agregado do sistema 2. 45
Tabela 13: Resultados dos sistemas de cultura de milho com um aumento de 120% no preço dos agrotóxicos e de 30% do valor agregado do sistema 2, com uma área de terra de 15 hectares. 46

Lista das figuras

Figura 1: Variação do custo total em tempo de trabalho em função da quantidade. 9
Figura 2: Variação do preço em função da quantidade 9
Figura 3: Curva de oferta e categorias econômicas fundamentais 12
Figura 4: Agregação de valor a partir dos tipos de riquezas 13
Figura 5: Curva de oferta do preço do produto de consumo final em função da quantidade, mostrando o custo total da produção, o valor monetário total e a renda diferencial. Fonte: elaborado pelo autor. 24
Figura 6: Estado corrente das variáveis de controle dos nove limites do planeta. 41