Benedito Silva Neto

A INTERNALIZAÇÃO DOS CUSTOS DA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA EM SISTEMAS AGRÁRIOS

Como analisar objetivamente o estabelecimento, em nível regional, de uma transição da agricultura atual, caracterizada pelos seus efeitos altamente negativos sobre o ambiente e a saúde humana, para uma agricultura ecologicamente sustentável? A partir de quais bases técnicas a análise dessa transição agroecológica pode ser realizada? E como integrar nessa análise os mecanismos que poderiam assegurar a viabilidade econômica da adoção dessas técnicas pelos agricultores? Estas são algumas das questões centrais tratadas neste livro. Nele apresentamos um método para a internalização dos custos da transição agroecológica (ICTA) desenvolvido de acordo com a abordagem da agricultura em termos de sistemas agrários. Neste sentido, propomos a integração da ICTA à Análise-diagnóstico de Sistemas Agrários, método empregado nessa abordagem para o estudo de dinâmicas locais de desenvolvimento da agricultura.

9 786559 173648

editora fi .org

CC BY SA

A internalização dos custos da transição agroecológica em sistemas agrários

A internalização dos custos da transição agroecológica em sistemas agrários

Benedito Silva Neto

Diagramação: Marcelo A. S. Alves
Capa: Carole Kümmecke - https://www.conceptualeditora.com/

O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.

Todos os livros publicados pela Editora Fi
estão sob os direitos da Creative Commons 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

SILVA NETO, Benedito

A internalização dos custos da transição agroecológica em sistemas agrários [recurso eletrônico] / Benedito Silva Neto -- Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2021.

145 p.

ISBN - 978-65-5917-364-8
DOI - 10.22350/9786559173648

Disponível em: http://www.editorafi.org

1. Agroecológica; 2. Sistemas agrários; 3. Internalização dos custos; 4. Estado; 5. Brasil; I. Título.

CDD: 630

Índices para catálogo sistemático:
1. Agricultura 630

Sumário

Apresentação 9

Introdução 10

1 16

A internalização dos custos da transição agroecológica na análise de sistemas agrários

Introdução ... 16
A questão agroecológica ... 16
O papel dos preços na agricultura contemporânea ... 19
Conceitos básicos da ADSA ... 22
Princípios metodológicos ... 25
Principais etapas ... 26
Etapa 1 - Caracterização geral e identificação das principais heterogeneidades do processo de desenvolvimento local ... 26
Etapa 2 - Análise da formação histórica e das trajetórias de acumulação ... 26
Etapa 3 - Tipologia das unidades de produção ... 26
Etapa 4 – Análise dos sistemas de produção ... 27
Etapa 5 - Discussão de linhas estratégicas de desenvolvimento ... 28
Sistemas agrários e transição agroecológica ... 29
A internalização dos custos da transição agroecológica ... 31
A programação linear ... 33
A programação linear na ICTA ... 36
Aplicação da ICTA para a análise de dois sistemas de cultura de milho em Ijuí ... 39
Conclusão ... 49

2 51

Primeiro exemplo de aplicação: município de São Pedro do Butiá

Introdução ... 51
A agricultura de São Pedro do Butiá ... 51
Análise das condições para uma transição agroecológica em São Pedro do Butiá ... 59
A aplicação da ICTA ... 59
Parametrização do modelo e análise dos sistemas de produção ... 60
Modelagem baseada na quantidades físicas de insumos ... 73
Conclusão ... 78

3 **82**

Segundo exemplo de aplicação: município de Cândido Godói

Introdução 82
A agricultura de Cândido Godói 82
Microrregião 1: Região da antiga mata, relevo pouco ondulado, de agricultura com maior disponibilidade de meios de produção e intensiva 83
Microrregião 2: Região da antiga mata, relevo mais acidentado, de agricultura com baixa disponibilidade de meios de produção 84
A formação histórica da agricultura do município 85
Tipos de agricultores do município 87
A aplicação da ICTA 89
Conclusão 99

4 **101**

Fundamentos teóricos da internalização dos custos da transição agroecológica

Introdução 101
As riquezas na economia 102
As contradições entre reprodução econômica e sustentabilidade ecológica 109
A reprodução material da sociedade 113
A modelagem da reprodução econômica e a formação dos preços 117
O modelo empregado para a elaboração dos esquemas de reprodução 123
A parametrização do modelo para a análise da transição agroecológica 125
A avaliação das condições para uma transição agroecológica e suas consequências. 131
Considerações finais 136

Conclusão **139**

Referências **143**

Apresentação

Como analisar objetivamente o estabelecimento, em nível regional, de uma transição da agricultura atual, caracterizada pelos seus efeitos altamente negativos sobre o ambiente e a saúde humana, para uma agricultura ecologicamente sustentável? A partir de quais bases técnicas a análise dessa transição agroecológica pode ser realizada? E como integrar nessa análise os mecanismos que poderiam assegurar a viabilidade econômica da adoção dessas técnicas pelos agricultores? Estas são algumas das questões centrais tratadas neste livro. Nele apresentamos um método para a internalização dos custos da transição agroecológica (ICTA) desenvolvido de acordo com a abordagem da agricultura em termos de sistemas agrários. Neste sentido, propomos a integração da ICTA à Análise-diagnóstico de Sistemas Agrários, método empregado nessa abordagem para o estudo de dinâmicas locais de desenvolvimento da agricultura.

Introdução

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. A agricultura tem figurado como um tema central nesse debate. De fato, desde o final da Segunda Grande Guerra, a agricultura tem sido realizada por meio de uma crescente simplificação dos sistemas de produção, a qual é possibilitada por um intenso uso de insumos e equipamentos de origem industrial. Esta simplificação, porém, é contraditória com a complexidade do funcionamento dos ecossistemas, inclusive os cultivados, do que resulta graves problemas ambientais e sanitários.

Contrapondo-se a esta tendência, a Agroecologia conjuga um enfoque científico, práticas produtivas desenvolvidas pelos agricultores e movimentos sociais que procuram, de forma sinérgica, promover uma agricultura sustentável.[1] Neste sentido, a reversão das tendências observadas atualmente na agricultura, que se constituem em uma ameaça crescente a sua sustentabilidade, implica na instituição de um processo de transição agroecológica.

As propostas de uma transição agroecológica têm sido largamente dominadas por enfoques de caráter iminentemente microeconômico. Essas propostas têm como pressuposto de que, no momento em que se desencadear um processo de transição ao nível das unidades de produção, a questão se torna apenas de como aumentar a sua escala (o "scaling up"[2]).

---

1 SILVA NETO, B. Agroecologia, ciência e emancipação humana. **Rev. Bras. de Agroecologia**, 8(1): 3-17 (2013).

2 FAO, Scaling up Agroecology Intiative. http://www.fao.org/agroecology/overview/scaling-up-agroecology-initiative/en/

A agricultura é, porém, antes de tudo uma atividade realizada em e para uma sociedade. Neste sentido, as suas caraterísticas são determinadas no interior de um processo histórico, com toda a complexidade que esta natureza histórica implica. A transição agroecológica não pode, portanto, ser concebida como uma simples somatória de transições em unidades de produção. Para que o caráter histórico-social da agricultura e, portanto, o da transição agroecológica, possa ser devidamente considerado, é necessário que sejam analisadas as condições estruturais que dão suporte ao padrão tecnológico atualmente dominante.

Um dos objetivos da abordagem da agricultura em termos de sistemas agrários é responder a esta necessidade. Elaborada no quadro de uma teoria da evolução histórica e diferenciação da agricultura em nível mundial, a abordagem da agricultura em termos de sistemas agrários[3] (ou, simplesmente, abordagem de sistemas agrários, como será denominada neste texto) tem sido empregada para analisar as mais diversas situações agrárias ao redor do mundo. Atualmente, as análises da agricultura em nível local no âmbito dessa abordagem são realizadas por meio do método de "Análise-diagnóstico de Sistemas Agrários" (ADSA).

O tratamento de questões ambientais, especialmente os relacionados à Agroecologia, tem sido objeto de uma crescente atenção nos estudos baseados na ADSA. Nesses estudos frequentemente se observa que os resultados econômicos dos sistemas de produção mais sustentáveis são inferiores ao dos sistemas convencionais. Isto porque, por exemplo, o combate a pragas e doenças das plantas e o fornecimento a elas de nutrientes é grandemente facilitado pelo uso de insumos químicos. Por outro lado, a produção agroecológica exige sistemas de manejo de insetos,

3 MAZOYER, M. & ROUDART, L. **Histoire des Agricultures du Monde. Du Néolithique à la Crise Contemporaine.** Paris:Éd. du Seuil, 1997.

patógenos e da fertilidade do solo muito mais complexos, os quais normalmente implicam em maior tempo de trabalho.

Poderia-se 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, isto é, custos que devem ser arcados pela sociedade, mas que não podem ser considerados nas unidades de produção pelos mecanismos de mercado.

No entanto, observa-se uma forte tendência de que os efeitos negativos do atual padrão tecnológico da agricultura, em um futuro próximo, provocarão uma destruição das condições de produção e uma escassez de recursos naturais que tornarão as técnicas a eles relacionadas inviáveis economicamente. Nesta situação, alternativas mais sustentáveis se tornariam "espontaneamente" viáveis. Assim, a transição agroecológica poderia se realizar simplesmente pelos mecanismos de mercado, sem que para isto fosse necessária a internalização dos seus custos (que, com o tempo, seriam realizadas pelo próprio mercado). Mas os efeitos desse processo sobre o ambiente e a saúde humana poderão se tornar (e tudo indica que eles serão) irreversíveis, comprometendo de maneira definitiva a sustentabilidade das sociedades. A internalização dos custos da transição agroecológica decorre da necessidade de nos anteciparmos a esse processo, trazendo elementos de como podemos realizá-la de forma controlada, preservando ao máximo a integridade do ambiente e as condições de salubridade para a vida humana. O principal objetivo deste livro é a discussão de um método de internalização dos custos da transição agroecológica (ICTA) que possa ser integrado à ADSA.

Em relação a essa internalização, porém, coloca-se uma questão fundamental de ordem metodológica. Isto porque os custos provocados por problemas ambientais não podem ser medidos em termos estritamente econômicos. 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.[4] No método aqui proposto, portanto, não são os custos ambientais propriamente ditos que são avaliados monetariamente, mas o custo das mudanças tecnológicas que devem ocorrer no processo de transição agroecológica, nas condições concretas do sistema agrário estudado. E para que estas mudanças possam acontecer é necessário, evidentemente, que existam alternativas mais sustentáveis aos sistemas de produção convencionais. Neste sentido, uma contribuição importante que a ICTA pode proporcionar à análise da transição agroecológica é que ela permite uma avaliação precisa da factibilidade técnica dessa transição. Além disto, mostramos que por meio da ICTA é possível determinar um sistema de preços que permitiria viabilizar economicamente as técnicas consideradas mais desejáveis do ponto de vista agroecológico.

Outra contribuição importante que a ICTA pode proporcionar decorre da abordagem essencialmente macroeconômica da transição agroecológica na qual ela se baseia. Ocorre que na ICTA os custos internalizados não são atribuídos apenas às unidades de produção isoladamente, mas são analisados ao longo do processo de agregação de valor monetário

4 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.

responsável pela formação dos preços, considerando o conjunto das técnicas de produção existentes no sistema agrário estudado. De fato, existem muitos métodos para a internalização de custos relacionados ao ambiente para a aplicação em unidades de produção isoladas.[5] Mas quando tal internalização se coloca de um ponto de vista macroeconômico, é preciso definir a partir de quais processos produtivos ocorre a agregação de valor que seriam responsáveis pela formação dos preços. Na ICTA esses processos são identificados a partir de critérios técnico-econômicos precisamente definidos.

Outra questão que se coloca, e que também só pode ser analisada a partir de uma abordagem macroeconômica, é a da consideração dos efeitos da escassez de recursos naturais (como a terra e o petróleo) sobre os preços. A aplicação da ICTA, assim, resulta na definição de um sistema de preços que viabilizaria a adoção das técnicas consideradas compatíveis com uma transição agroecológica considerada de um ponto de vista macroeconômico. A internalização dos custos de tal transição é calculada pela diferença entre os preços obtidos pela aplicação da ICTA e os preços correntes, assim como pela análise dos impactos do novo sistema de preços sobre os resultados econômicos obtidos pelos agricultores. Enfim, é importante salientar que a ICTA permite analisar as condições para desencadear uma transição agroecológica independentemente da existência de iniciativas específicas neste sentido, promovidas conscientemente.

Nesse livro pretendemos fazer uma apresentação a mais prática possível da ICTA, o que explica o fato da discussão dos seus aspectos teóricos se encontrarem no final do livro. Assim, no primeiro capítulo é realizada uma discussão geral da integração da ICTA aos procedimentos da Análise-

5 OLIVEIRA, L. B. De; SANTOS, J. W. B. Dos; RIBEIRO; E. L. R.; ALMEIDA NETO; J. A. de, INTERNALIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NOS CUSTOS DE PRODUÇÃO**.** III **CSEAR** – Conferência Interamericana de Contabilidade Socioambiental – América do Sul. UFPA - Belém – Para – Brasil, Jun/2013.

diagnóstico de Sistemas Agrários. Nos dois capítulos seguintes a integração da ICTA à ADSA é discutida por meio de exemplos da sua aplicação em situações concretas, relativas ao estudo da agricultura dos municípios de São Pedro do Butiá e de Cândido Godói (RS/Brasil). O último capítulo, como mencionado, é dedicado aos fundamentos teóricos da ICTA.

.

1

A internalização dos custos da transição agroecológica na análise de sistemas agrários

Introdução

A abordagem da agricultura em termos de sistemas agrários (ou mais simplesmente abordagem de sistemas agrários) consiste em uma interpretação histórica e evolutiva do desenvolvimento da agricultura[6], cujas consequências metodológicas, no que diz respeito à análise de situações agrárias locais, expressam-se no método denominado "Análise-diagnóstico de Sistemas Agrários" (ADSA)[7]. É importante, pois, salientar que a aplicação dos procedimentos da ADSA é indissociável de uma visão histórica e evolutiva mais ampla, na qual o caráter histórico, complexo e heterogêneo da agricultura deve ser explicitamente reconhecido. Coerentemente com esta concepção histórica da agricultura é que denominamos os debates que ocorrem sobre propostas para a promoção da sua sustentabilidade como uma "questão agroecológica" [8] que se coloca para as sociedades contemporâneas. Os aspectos mais importantes dessa questão, do ponto de vista dos propósitos deste livro, serão discutidos a seguir.

A questão agroecológica

Na virada do século XIX para o século XX, foram publicadas duas obras que passaram a pautar boa parte das discussões sobre a agricultura,

6 tal como proposta por MAZOYER, M. & ROUDART, L. **Histoire des Agricultures du Monde. Du Néolithique à la Crise Contemporaine.** Paris:Éd. du Seuil, 1997 e DUFUMIER, M. **Agricultures et paysanneries des Tiers Mondes**. Editions Karthala, Paris, 2004.

7 DUFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola.** Manual para especialistas. Salvador, EDUFBA, 2007.

8 SILVA NETO, B. **A questão agroecológica:** uma perspectiva ecossocialista. Curitiba: Ed. CRV, 2017.

especialmente entre autores ligados ao marxismo.[9] Essas discussões ficaram conhecidas como "questão agrária", derivando seu nome, provavelmente, do título da obra de Karl Kautsky. Em sua obra Kautsky analisa quais seriam as consequências do desenvolvimento capitalista sobre a agricultura. Afinal, neste setor, ao contrário da indústria, não se verificava claramente a tendência à generalização das relações sociais típicas do capitalismo, baseadas no trabalho assalariado, assim como à concentração e a centralização de capitais. Isto levantava a hipótese de que o estabelecimento de relações sociais tipicamente capitalistas no campo poderiam não ser as mais adequadas ao desenvolvimento do capitalismo, especialmente no que diz respeito ao aumento da produtividade do trabalho e, portanto, da renda, no conjunto da economia. Além disto, analisa o autor, eram pouco claras as consequências que esse fenômeno viria a ter sobre o progresso técnico da agricultura.

Lênin analisa essas mesmas questões, mas tendo como principal objetivo refutar as teses dos populistas, que pregavam que, em função da estrutura social específica do mundo rural russo, baseada nas comunidades camponesas, o capitalismo não poderia se instalar na Rússia, ou o seria com grandes dificuldades. Apoiado em uma minuciosa análise das estatísticas da época, Lênin refuta claramente as teses populistas. No entanto, anos mais tarde, Lênin identifica duas vias principais de desenvolvimento do capitalismo relacionadas à agricultura, a via "prussiana", baseada no trabalho assalariado e na grande propriedade, e a via "americana", baseada em propriedades de tamanho compatível com a produção familiar[10]. Lênin conclui afirmando a superioridade da via americana, tanto do ponto

9 Trata-se de KAUTSKY, Karl. **A questão agrária**. 3. ed. São Paulo: Proposta Editorial, 1980, publicado originalmente em 1898 e LÊNIN, V. I. **O desenvolvimento do capitalismo na Rússia: o processo de formação do mercado interno para a grande indústria.** São Paulo: Abril Cultural, 1982, publicada em 1899.

10 LÊNIN, V. U. **Capitalismo e Agricultura nos Estados Unidos da América.** Novos dados sobre as leis do desenvolvimento do capitalismo na agricultura. São Paulo: Ed. Brasil Debates, 1980.

de vista do desenvolvimento econômico, como do ponto de vista das condições de vida dos trabalhadores rurais. A preocupação de Lênin, desta vez, é que uma análise adequada desta questão é crucial para a ação política no meio rural. Afinal, se a agricultura familiar é a mais propícia ao desenvolvimento econômico, uma das medidas mais importantes para estimulá-lo é a eliminação dos latifúndios por meio de uma reforma agrária.

Depois de mais de um século de polêmicas, pode-se afirmar que a questão agrária está longe de ser "resolvida", apesar das grandes transformações sofridas pela agricultura. Sendo assim, o papel da reforma agrária continua a ser um tema central nas discussões sobre o desenvolvimento econômico. No entanto, às preocupações relativas às relações sociais no campo e ao padrão tecnológico a elas relacionadas, adiciona-se uma crescente preocupação com a intensa destruição ambiental e as ameaças à saúde humana promovidas pelo padrão de desenvolvimento dominante na agricultura. Surge, assim, uma "questão agroecológica", assim denominada devido a importância de integrar a reflexão dos graves problemas ambientais e sanitários relacionados a agricultura contemporânea à questão agrária[11]. É no quadro desta questão agroecológica que serão realizados os estudos sobre a transição agroecológica neste texto.

Como enfatizado na introdução deste livro, de acordo com a abordagem de sistemas agrários, uma transição agroecológica deve ser concebida como um processo a ser estabelecido no conjunto da agricultura. Neste processo, como também comentado, os preços desempenham um papel central. Resta, portanto, explicitarmos, mesmo que sucintamente, como a abordagem de sistemas agrários interpreta tal papel na agricultura contemporânea.

11 SILVA NETO, B. **A questão agroecológica:** uma perspectiva ecossocialista. Curitiba: Ed. CRV, 2017.

O papel dos preços na agricultura contemporânea

De acordo com a abordagem de sistemas agrários, a agricultura contemporânea caracteriza-se por uma vertiginosa expansão de uma revolução agrícola que, principalmente a partir do final da Segunda Grande Guerra, adquire características específicas. Na abordagem de sistemas agrários, este processo é denominado de Segunda Revolução Agrícola Capitalista[12]. Esta Revolução baseia-se em uma crescente integração entre a agricultura e a indústria. Nos sistemas agrários anteriores, a própria agricultura era responsável pelos seus meios de produção, caracterizando-se muitas vezes por elaborados sistemas de manejo das culturas e criações para a reprodução da capacidade produtiva dos ecossistemas cultivados. Na Segunda Revolução Agrícola Capitalista, no entanto, é a indústria que passa a assegurar à agricultura os equipamentos para a sua mecanização, sendo que a reprodução da capacidade produtiva dos ecossistemas cultivados passa a ser realizada quase que exclusivamente por meio de insumos químicos.

Esses equipamentos e insumos industriais são introduzidos na agricultura por um fluxo constante de inovações, as quais provocam um intenso processo de acumulação desigual entre os agricultores. Neste processo, a acumulação de meios de produção por alguns agricultores é acompanhada pela marginalização e a exclusão de outros da atividade agrícola.

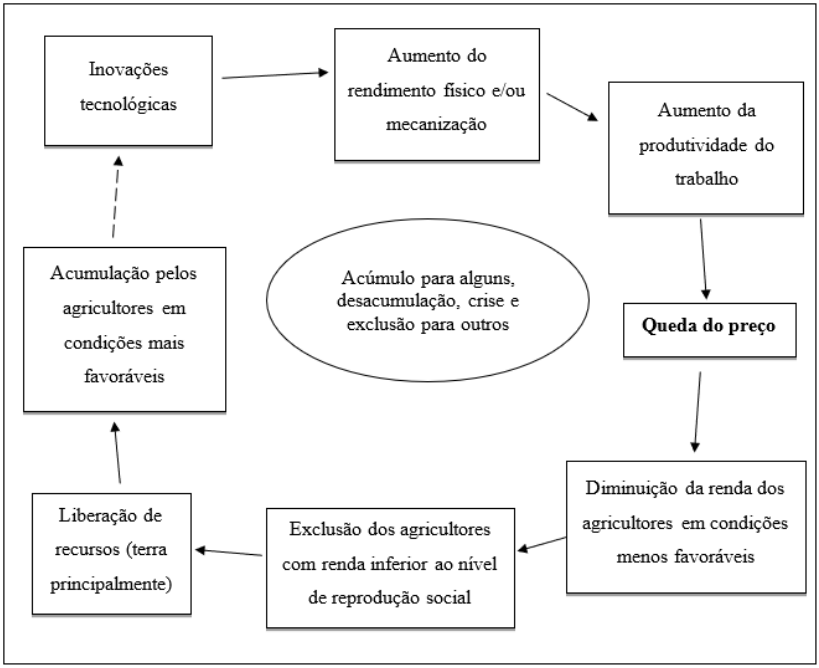
Neste processo de acumulação desigual os preços desempenham um papel fundamental, como mostra o diagrama 1. Observa-se neste diagrama que as inovações tecnológicas, por meio das quais são introduzidos

12 Ou Revolução Agrícola dos Tempos Modernos, como a ela se refere MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Histoire des Agricultures du Monde. Du Néolithique à la Crise Contemporaine**. Paris: Éd. du Seuil, 1997.

os equipamentos e insumos de origem industrial, ao aumentar a produtividade do trabalho, provocam a queda dos preços. Os agricultores que se encontram em condições de adotar plenamente essas inovações obtêm um aumento da produtividade do trabalho que, ao expandir a sua produção, compensa a diminuição dos preços, do que resulta um aumento da acumulação de meios de produção. Para os agricultores que se encontram em condições desfavoráveis, estes entram em um processo de desacumulação, o que leva à crise e à exclusão da agricultura. É importante salientar que este processo é cumulativo, ou seja, os agricultores em condições favoráveis obtêm cada vez mais vantagens ao longo do tempo. Além disto, considerando a agricultura em seu conjunto, haverá sempre uma parcela dos agricultores que será excluída, dado o aumento da produtividade. Caso contrário a produção não pode ser absorvida pela demanda.

Por outro lado, dadas as condições em que ocorre o desenvolvimento capitalista, este processo ocorre de forma independente da expansão da atividade econômica em outros setores, o que é necessário para a criação de empregos para absorver os trabalhadores que saem da agricultura. Apenas em condições históricas muito específicas do capitalismo houve certa coordenação entre a diminuição de postos de trabalho na agricultura e a criação de empregos em outros setores, especialmente na indústria. No Brasil, ao contrário, a saída de trabalhadores do campo, dado o baixo nível de industrialização do país, resultou em um aumento vertiginoso da população da periferia das grandes cidades, vivendo em precárias condições de vida.

Diagrama 1: Papel dos preços no processo de acumulação desigual da Segunda Revolução Agrícola Capitalista



Fonte: adaptado a partir de SILVA NETO (2017, p. 182)[13]

Um aspecto importante desse processo, é que ele poderia ser modulado pelo tipo de inovação tecnológica protagonizado, o que possibilita certo controle dos seus efeitos sobre a população rural. Esta possibilidade pode ser explorada em um processo de transição agroecológica, por meio da definição de um sistema de preços que viabilize inovações tecnológicas que possam reverter a dependência da agricultura contemporânea de insumos e equipamentos de origem industrial[14]. Um sistema de preços com estas características, porém, dificilmente poderia ser definido pelo mercado capitalista.[15]

13 SILVA NETO, B. **A questão agroecológica**. Uma perspectiva ecossocialista. Curitiba: CRV, 2017, p. 182.

14 Idem, p. 187-205.

15 SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**. Ensaios sobre riquezas, valores e preços. Curitiba: CRV, 2020, p. 45-123.

Conceitos básicos da ADSA

Na ADSA a agricultura é estudada por meio de uma abordagem sistêmica em vários níveis, cada qual relacionado a conceitos específicos. Neste sentido, um dos conceitos básicos da ADSA, correspondente ao seu nível mais geral de análise, é o de "sistema agrário", o qual corresponde a um modo específico de exploração e de reprodução de ecossistemas cultivados, resultante de transformações históricas e de adaptações geográficas da agricultura[16]. Na caracterização de um sistema agrário o que importa em primeiro lugar são as tendências históricas que regem as mudanças da agricultura. Para a análise ao nível do sistema agrário as seguintes variáveis são consideradas essenciais:

- o ecossistema cultivado, ou "agroecossistema", que é o produto histórico das transformações promovidas pelos seres humanos sobre o ecossistema natural;
- o aparelho social produtivo, correspondente aos meios de produção na forma de equipamentos, ferramentas, máquinas e materiais biológicos (plantas cultivadas e animais domésticos) resultantes de processos de adaptação, seleção e acumulação desenvolvidos historicamente pelos agricultores e outros agentes;
- a força de trabalho e as relações de produção às quais ela está submetida;
- o modo de exploração e reprodução da fertilidade do agroecossistema, que resulta da forma específica, historicamente situada, de como determinados ecossistemas são manejados para a produção imediata de alimentos e matérias primas de interesse para a espécie humana de forma mais ou menos compatível com a manutenção ou a ampliação do seu potencial produtivo (ou seja, da sua fertilidade).

Porém, no interior de um sistema agrário, a combinação dos elementos acima não é homogênea. O ecossistema cultivado, a disponibilidade da força de trabalho e dos meios de produção variam segundo o estatuto social e a acumulação de cada agricultor. Assim, segundo a disponibilidade

16 MAZOYER, M. & ROUDART, citado acima, p. 64-88.

de meios de produção e de força de trabalho presentes em uma unidade de produção agropecuária, e a maneira como esses elementos são combinados para a implantação e o manejo dos ecossistemas cultivados, podem ser definidos diferentes "sistemas de produção", outro conceito importante na abordagem de sistemas agrários.

Mas a análise dos sistemas de produção dificilmente pode ser efetuada sem a sua divisão em subsistemas mais simples. Os "sistemas de cultura" são definidos a partir da forma como uma determinada gleba de terra é cultivada ao longo dos anos (rotações ou sucessões de culturas). Já os "sistemas de criação" correspondem à forma como são conduzidas as produções animais (espécies, técnicas de alimentação e de manejo, áreas utilizadas, etc.). Sobre cada uma das culturas ou criações da unidade de produção são, por sua vez, aplicados diferentes "itinerários técnicos", os quais correspondem a uma sucessão lógica de "operações técnicas" elementares (por exemplo, a adubação, a semeadura e a colheita).

Por meio da observação direta ou, mais comumente, indireta (via entrevistas com os agricultores) das operações e dos itinerários técnicos que compõem os sistemas de cultura e de criação, pode-se identificar uma grande variedade de sistemas de produção em um mesmo sistema agrário. A elaboração de uma "tipologia" das unidades de produção agropecuárias visa ao estudo dos diferentes sistemas de produção para a análise do funcionamento interno do sistema agrário. Ela consiste em agrupar as unidades de produção de um sistema agrário segundo as principais categorias sociais e sistemas de produção presentes. Um dos objetivos principais da tipologia é o de aprofundar a análise dos processos de diferenciação internos ao sistema agrário. A partir das trajetórias históricas específicas de cada tipo, condicionadas pelos recursos naturais disponíveis, pelo nível de acumulação de meios de produção e pela disponibilidade de mão de obra, cada tipo de unidade de produção possui maior ou menor

possibilidade de assegurar a reprodução do agricultor enquanto categoria social (ou seja, a sua "reprodução social") no longo prazo, assumindo assim um papel específico nas tendências de transformação do sistema agrário.

A capacidade de reprodução social dos tipos de agricultores pode ser estimada pelo cálculo do valor agregado, do qual se obtém a renda dos agricultores após a sua distribuição entre os diferentes agentes sociais que participam direta ou indiretamente da produção (Estado, bancos, proprietários das terras arrendadas, assalariados). Considera-se que um nível mínimo de renda é necessário para assegurar a reprodução social dos agricultores, o que inclui não apenas a cobertura dos gastos com insumos e com a manutenção e reposição dos equipamentos e benfeitorias, e a satisfação das necessidades de consumo dos agricultores, mas também, no caso das unidades de produção familiares, o custo de oportunidade da sua mão de obra. Quando a renda proporcionada por uma unidade de produção é inferior a este nível mínimo (custo de oportunidade da mão de obra familiar), os agricultores tendem a se descapitalizar, o que em geral se expressa por uma progressiva degradação das suas condições de produção (especialmente da fertilidade do agroecossistema), e de máquinas, equipamentos e instalações, acarretando a sua exclusão do processo produtivo a um prazo mais ou menos longo.

A procura de alternativas aos agricultores é realizada por meio do aprofundamento da análise dos sistemas de produção, na qual se procura especificar as condições técnicas mínimas (rendimentos físicos das culturas e criações, nível de equipamento, disponibilidade de terra e de mão de obra) para que cada tipo possa assegurar a sua reprodução social. Porém, não raro as possibilidades técnicas dos sistemas de produção praticados por certos tipos, mesmo nas condições mais favoráveis, não permitem que

estes alcancem uma renda compatível com a sua reprodução social. A viabilização dos agricultores representados por esses tipos passa então por modificações estruturais dos seus sistemas de produção. Enfim, para certos tipos de agricultores, a sua reprodução social só pode ser alcançada por um aumento significativo da disponibilidade de terra e outros meios de produção, cuja viabilidade depende de uma redistribuição fundiária e uma disponibilização de recursos financeiros que só podem ser asseguradas por ações do Estado de grande amplitude.

Princípios metodológicos

Os procedimentos da ADSA baseiam-se em uma aplicação metódica e rigorosa dos seguintes princípios metodológicos:

a) efetuar as análises a partir dos fenômenos mais gerais para os particulares, por meio de uma abordagem sistêmica em vários níveis;
b) analisar cada nível da realidade especificamente, efetuando uma síntese antes de passar para a análise do nível inferior;
c) privilegiar a explicação em detrimento da descrição;
d) privilegiar uma visão dinâmica das situações por meio da adoção de um enfoque histórico;
e) estar atento à heterogeneidade da realidade, evitando interpretações por generalizantes que dificultam a elucidação dos processos de diferenciação.

Assim, os estudos devem inicialmente se concentrar nos aspectos mais gerais da realidade a ser estudada e só passar a aspectos mais específicos após uma síntese que permita formular quais são as variáveis mais pertinentes a serem analisadas (ou questões mais importantes a serem respondidas), no nível imediatamente inferior. Tal síntese é efetuada pela organização e análise da coerência das informações obtidas, sendo retidas apenas aquelas consideradas imprescindíveis para explicar a realidade observada, e não para descrevê-la, no nível de abrangência em questão.

Principais etapas

A partir dos princípios metodológicos descritos anteriormente a ADSA é aplicada seguindo-se algumas etapas, caracterizadas brevemente abaixo.

Etapa 1 - Caracterização geral e identificação das principais heterogeneidades do processo de desenvolvimento local

Esta etapa compreende a caracterização ambiental e socioeconômica da região de estudo. O principal procedimento adotado é uma "leitura da paisagem" a partir da qual são definidas zonas com certa homogeneidade do ponto de vista das condições para a atividade agropecuária (como por exemplo, solo, relevo, vegetação, tipos de culturas e criações e infraestrutura). De forma complementar às observações diretas da paisagem, também são realizadas análises de dados secundários (como principais atividades agropecuárias, estrutura fundiária, população total, grau de urbanização, nível e distribuição da renda).

Etapa 2 - Análise da formação histórica e das trajetórias de acumulação

Nesta etapa é realizada uma análise da evolução histórica da microrregião, especialmente no que diz respeito à sua agricultura. A partir dessa análise histórica, procura-se reconstituir os principais processos de diferenciação social e trajetórias de acumulação de meios de produção relacionados à agricultura. As informações são obtidas a partir de fontes secundárias e, principalmente, por meio de entrevistas com pessoas que acompanharam as transformações sofridas pela agricultura durante as últimas décadas.

Etapa 3 - Tipologia das unidades de produção

Nesta etapa as unidades de produção da microrregião são agrupadas em tipos, decorrentes da análise dos processos de diferenciação identificados na etapa anterior. Tal tipologia visa agrupar as unidades de produção

agropecuárias em função das categorias sociais e sistemas de produção encontrados. As categorias sociais básicas utilizadas são: “agricultores familiares”, “agricultores patronais” e “investidores capitalistas”. Os agricultores familiares são aqueles cujos sistemas de produção utilizam trabalho majoritariamente familiar e não dependem estruturalmente de mão de obra contratada para o seu pleno funcionamento. Os agricultores patronais são os que possuem sistemas de produção que dependem estruturalmente de mão de obra contratada para o seu funcionamento, mas utilizam também mão de obra familiar. Já os capitalistas são investidores que, assim como os membros da sua família, não trabalham diretamente nas atividades agropecuárias, sendo o funcionamento das suas unidades de produção assegurado integralmente por mão de obra contratada. Vale destacar que dentre os agricultores familiares muitas vezes são identificadas categorias sociais mais específicas às condições locais como os minifundiários (agricultores que dependem da venda da sua força de trabalho no exterior da unidade de produção), camponeses (agricultores que tem como uma das suas principais características um alto grau de autonomia no seu processo decisório), parceiros, meeiros, entre outros.

As informações para a realização da tipologia são obtidas por meio de entrevistas com agricultores. Estes são selecionados progressivamente ao longo do estudo, adotando-se como ponto de partida as trajetórias de acumulação identificadas na etapa anterior.

Etapa 4 – Análise dos sistemas de produção

Nesta etapa são realizadas a caracterização técnica e a avaliação econômica dos sistemas de produção, visando avaliar a capacidade de reprodução social de cada tipo. A caracterização técnica tem o objetivo de identificar os períodos em que a unidade de produção sofre as maiores

restrições de recursos (períodos críticos), por meio da análise dos calendários de uso da mão de obra e dos equipamentos ao longo do ano agrícola, assim como os fluxos monetários e de nutrientes, ligados a cada atividade agropecuária praticada por um tipo específico de unidade de produção. No que concerne à avaliação econômica, para cada tipo de unidade de produção são elaborados modelos lineares representando a variação dos resultados econômicos (valor agregado e renda) em função da área disponível. Os modelos de valor agregado permitem a avaliação da capacidade de geração de riquezas para a sociedade como um todo dos sistemas de produção de cada tipo, segundo sua escala de produção. Já os modelos de renda permitem avaliar a capacidade de geração de renda para os agricultores dos sistemas de produção de cada tipo de acordo com a escala de produção e, portanto, a escala mínima necessária para que cada tipo possa atingir um nível de renda compatível com a sua reprodução social. Para uma análise mais aprofundada dos sistemas de produção são elaborados, também, modelos de composição da renda, por meio dos quais pode ser observada a contribuição de cada sistema de cultura ou de criação à geração de renda de cada tipo de unidade de produção, tanto em termos absolutos, como por unidade de superfície.

Etapa 5 - Discussão de linhas estratégicas de desenvolvimento

A partir da caracterização técnica e das avaliações econômicas da etapa anterior, procura-se identificar atividades ou técnicas que possam contribuir para assegurar a reprodução social e a sustentabilidade das unidades de produção, respeitando-se os estrangulamentos anteriormente detectados em cada tipo analisado. Com base nestes resultados são discutidas, junto aos agentes locais de desenvolvimento, linhas estratégicas de intervenção no processo de desenvolvimento local a partir da definição dos

tipos de unidades de produção prioritários para a promoção de ações técnicas, organizacionais, gerenciais, e relacionadas a políticas públicas.

Sistemas agrários e transição agroecológica

Nos últimos anos têm surgido algumas propostas metodológicas[17] e, principalmente, vários estudos de dinâmicas locais da agricultura que procuram integrar a análise das condições para o desenvolvimento da Agroecologia à ADSA.

Neste sentido, um estudo com resultados particularmente interessantes para os propósitos deste trabalho foi o realizado no município de Porto Xavier.[18] A forte presença da agricultura camponesa no município permitiu identificar sistemas de produção tipicamente agroecológicos, tanto do ponto de vista da sua base social como do ponto de vista das práticas produtivas adotadas. A análise do funcionamento de tais sistemas mostrou que em muitos casos as formas de manejo dos agroecossistemas adotados pelos camponeses são tão, ou mais, sofisticadas cientificamente do que as geralmente propostas pelos técnicos. Por outro lado, observou-se que, na dinâmica que prevaleceu ao longo da história do sistema agrário regional, não foi oportunizado aos camponeses de Porto Xavier o estabelecimento de processos de acumulação de meios de produção suficientes para assegurar a sua reprodução social. Assim, em que pese o caráter agroecológico de muitos dos sistemas de produção estudados, a análise da capacidade de reprodução social dos diferentes tipos de agricultores mostrou-se essencial para uma avaliação adequada das condições para uma transição agroecológica no município. Os resultados obtidos por meio da aplicação da ADSA ao estudo da agricultura de Porto Xavier mostraram

17 LEVARD, L.; BERTRAND, M; MASSE P. (Coordination), **Mémento pour l'évaluation de l'agroécologie**, Méthodes pour évaluer ses effets et les conditions de son développement, GTAE-AgroParisTech-CIRAD-IRD, Mars 2019 .

18 SILVA NETO, B. Sistemas agrários e Agroecologia: a dinâmica da agricultura e as condições para uma transição agroecológica no município de Porto Xavier (RS). **Rev. Bras. de Agroecologia**, 9(2): 15-29 (2014).

que os sistemas de produção dos agricultores familiares com características camponesas são os que mais se aproximam de uma produção agroecológica, o que indica o interesse desses agricultores com o tipo de agricultura protagonizado pela Agroecologia. Neste sentido, a agricultura camponesa em Porto Xavier se destacou como a principal base social para a promoção de uma transição agroecológica. Ora, dadas as dificuldades para a reprodução social de boa parte dos camponeses de Porto Xavier, dificilmente estes se mostrarão interessados em se engajar em um processo de transição agroecológica sem que claras possibilidades de melhoras significativas das suas condições de vida lhes sejam oferecidas. Sendo assim, propostas para o aperfeiçoamento dos sistemas de produção camponeses, muitas vezes significativos de um ponto de vista agronômico, mas sem repercussões suficientes sobre a renda desses agricultores para possibilitar a sua reprodução social, possuem poucas chances de serem adotadas em escala suficiente para desencadear uma verdadeira transição agroecológica.

Outra limitação importante observada no caso de Porto Xavier, mas que nos parece ser uma limitação geral das propostas ligadas à Agroecologia, era a de que os sistemas mais sustentáveis eram altamente dependentes de nichos de mercado, muitas vezes representados pelo mercado local. Ora, se a transição agroecológica não incluir produtos voltados, pelo menos, para mercados nacionais ela não poderá se generalizar, ou seja, se constituir em um verdadeiro processo de mudança tecnológica.

Os resultados relatados do estudo da agricultura de Porto Xavier indicam que a análise das condições técnico-econômicas que permitiriam assegurar a reprodução social dos agricultores poderia ser uma forma de avaliar os custos de uma transição agroecológica. Para tanto propomos a integração da ICTA na ADSA, cujos aspectos gerais são discutidos na próxima seção.

A internalização dos custos da transição agroecológica

A internalização de custos ambientais normalmente é proposta por meio da avaliação do que é denominado na literatura econômica de "custo de oportunidade", ou seja, o resultado econômico que se deixaria de obter ao optar por determinada atividade ou forma de produzir alternativa. Tal custo de oportunidade é calculado pela comparação da diferença do que se ganha na nova situação em relação a situação anterior com a diferença do que se perde, também, na nova situação em relação a situação anterior. O custo de oportunidade é, assim, o que se denomina na literatura econômica de cálculo "à margem" (ou "marginalista").

Infelizmente, o cálculo à margem é fortemente associado à economia neoclássica, a ponto do próprio surgimento desta corrente ser muitas vezes chamado de "Revolução Marginalista".[19] No entanto, o cálculo à margem apenas traduz a avaliação de alternativas tipicamente realizada pelos agentes econômicos, podendo ser associado à qualquer teoria do valor, especialmente à teoria marxista, baseada no tempo de trabalho socialmente necessário à produção.[20]

Uma característica importante da avaliação dos custos de oportunidade aqui proposta é que ela não se limita aos custos da unidade de produção, mas envolve toda a cadeia de agregação de valor. Neste sentido, ela reflete o impacto desses custos sobre os preços. Assim, o método de internalização dos custos da transição agroecológica aqui proposto tem como resultado a determinação de um sistema de preços.

Esses preços nada mais são do que os custos de oportunidade sobre os quais se baseiam os agentes econômicos para tomar as suas decisões nas unidades de produção. Isto implica que a forma de internalização aqui

19 SIMON, C. **Marx, Marginalism and Modern Sociology**. London: Palgrave Macmillan, 1991.

20 Como é discutido no quarto capítulo deste livro.

proposta não apenas expressa os custos da transição agroecológica, mas também indica em que condições os agricultores seriam estimulados a adotar técnicas com ela compatíveis.

Entendemos que a integração da ICTA na ADSA poderia trazer subsídios importantes para a reflexão sobre as condições de uma transição agroecológica a nível local. Neste sentido ela poderia ser realizada após a etapa 4, constituindo-se, assim, na quinta etapa da ADSA (que passaria a ter seis etapas). É importante desde já destacar, porém, que apenas a realização da tipologia das unidades de produção pode não ser suficiente para que possam ser identificados sistemas de produção compatíveis com uma transição agroecológica, devendo-se, para tanto, ser adotados procedimentos específicos. A questão que se coloca é como esses procedimentos podem ser definidos. Ocorre que os procedimentos da ADSA são definidos de forma bastante lógica e direta a partir dos princípios metodológicos discutidos anteriormente. Neste sentido, a análise dos sistemas de produção é realizada a partir da elaboração dos tipos, a qual tem como ponto de partida a análise da formação histórica, apoiando-se particularmente nos processos de diferenciação social e nas trajetórias de acumulação que lhe são associadas. A prospecção de sistemas de produção relacionados a situações específicas é pouco coerente com este procedimento. Isto porque a simples procura dos sistemas mais sustentáveis porventura existentes, sem um procedimento bem definido, torna a sua detecção bastante incerta. Uma alternativa seria a modelagem matemática dos sistemas de produção dos tipos, por meio da qual se possa explorar de forma metódica as possibilidades de melhorar a sua eficiência no uso de insumos químicos, ou desenvolver outras características que possam tornar os sistemas de produção mais sustentáveis. Da mesma forma que na ICTA, como veremos a

seguir, a programação linear neste caso pode ser uma ferramenta interessante.[21]

A programação linear

Como mencionado acima, os procedimentos adotados na ICTA são, fundamentalmente, baseados em uma modelagem matemática dos sistemas de produção realizada por meio da programação linear. Embora esta técnica matemática seja reputada como difícil de ser compreendida, ela é muito simples de ser aplicada. Isto porque, mesmo estando baseada em métodos de álgebra linear considerados avançados, a sua aplicação é extremamente intuitiva, proporcionando resultados robustos que podem ser obtidos por meio de programas computacionais eficazes.

Um exemplo da aplicação da programação linear é discutido a seguir para ilustrar este ponto. Neste exemplo consideramos o caso de um agricultor familiar que deseja definir a combinação das culturas de soja e de milho que levaria à maximização do resultado econômico (como a margem bruta, por exemplo) obtido em sua unidade de produção. O agricultor dispõe de 50 hectares e pode realizar 900 horas de trabalho para conduzir essas culturas. A cultura da soja exige 20 horas de trabalho por safra e a do milho 10 horas. Quanto aos resultados econômicos, a soja lhe proporcionaria R$ 1.500,00 e o milho R$ 800,00 por hectare e por safra.

Um modelo de programação linear pode ser expresso por meio de um problema denominado primal e outro problema, denominado dual. O problema primal que expressa a situação do agricultor é formulado como,

$$\textit{Maximizar}\ 1500soja + 800milho \qquad (1)$$

Sujeito às restrições

$$\textit{Restrição de terra)}\ soja + milho \leq 50 \qquad (2)$$

21 Como mostra SILVA NETO, B.; OLIVEIRA, A. de. **Modelagem e Planejamento de Sistemas de Produção Agropecuária**. Manual de aplicação da programação matemática. 1. ed. Ijuí: Editora UNIJUI, 2009.

$$\textit{Restrição de tempo de trabalho)}\ 20soja + 10milho \leq 900 \tag{3}$$

A solução do modelo indica que o agricultor deve cultivar 40 hectares de soja e 10 de milho para maximizar o resultado econômico da sua unidade de produção, que seria de R$ 68.000,00 por safra. Salientamos que não é preciso realizar os cálculos para solucionar este e outros problemas de programação linear. Basta formulá-lo e executá-lo em qualquer programa disponível, muitos de acesso livre como o LpSolver[22], ou pelo comando Solver de planilhas eletrônicas como as do LibreOffice Calc ou Microsoft Excel. A formulação do modelo no LpSolver é quase idêntica à forma como ele é representado aqui.

A partir do problema primal foi deduzido o seguinte problema dual,

$$\textit{Minimizar}\ \ 50terra + 900trabalho \tag{4}$$

Sujeito à

$$\textit{Restrição relativa à cultura da soja)}\ terra + 20trabalho \geq 1500 \tag{5}$$

$$\textit{Restrição relativa à cultura do milho)}\ terra + 10trabalho \geq 800 \tag{6}$$

A solução do problema dual é R$ 100,00 por hectare de terra e de R$ 70,00 por hora de trabalho, sendo obtido o mesmo resultado econômico do problema primal (R$ 68.000,00). Este resultado pode ser empregado pelo agricultor para decidir se arrenda mais terra ou não, e se contrata ou não mais horas de trabalho. No caso da terra, se o arrendamento por safra for menor do que R$ 100,00 por hectare seria economicamente interessante para o agricultor arrendar terra. Da mesma forma, se houver trabalhadores dispostos a trabalhar por menos do que R$ 70,00 por hora, seria economicamente interessante contratar trabalho.

22 Disponível em https://sourceforge.net/projects/lpsolve/

Outra característica importante de modelos econômicos baseados na programação linear, é que por meio deles é possível identificar as atividades eficientes do ponto de vista técnico-econômico. No nosso exemplo, observamos que a solução do problema primal indica que tanto a soja como o milho deveriam ser cultivados (ou seja, figuram na "base ótima da solução", no linguajar da programação linear). Isto se traduz, no problema dual, pelo fato das restrições relativas à soja e ao milho serem ativas, ou seja, seus resultados são limitados pelo valor que figura no lado direito da restrição. Estas restrições, portanto, são as que determinam os valores do arrendamento de terra e do tempo de trabalho pelos quais o agricultor poderia pagar para aumentar seu resultado econômico. Isto significa que, neste caso, os valores do arrendamento e do tempo de trabalho são determinados pelas condições técnico-econômicas de produção de ambas as culturas.

Vamos supor agora que a disponibilidade de terra é de apenas 30 hectares, com a disponibilidade de tempo de trabalho permanecendo a mesma. Neste caso, a solução economicamente mais interessante para o agricultor seria cultivar apenas soja, pelo fato dela proporcionar o maior resultado econômico por hectare e a sua área cultivada não ser limitada pela disponibilidade de tempo de trabalho. Nesta situação, no problema dual, apenas a restrição relativa a soja seria ativa, mostrando que seriam as condições técnico-econômicas (neste caso, sua exigência de trabalho e seu resultado econômico) da produção da soja que determinariam os valores do arrendamento e da contratação de tempo de trabalho (este último seria nulo, pois o cultivo de 30 hectares de soja exigiria apenas 600 horas de trabalho das 900 disponíveis).

A programação linear na ICTA

O exemplo acima indica como a programação linear pode ser empregada para a análise de problemas econômicos. No caso da ICTA, a solução dual é particularmente interessante. Isto porque os preços dos produtos (soja e milho, por exemplo) possuem a mesma natureza que os valores do arrendamento de terra e da contratação de tempo de trabalho do nosso exemplo.[23] Ocorre que os valores obtidos pela solução dual nada mais são do que os preços do arrendamento e do tempo de trabalho.

Evidentemente, entre duas atividades com os mesmos custos por unidade produzida, os agricultores tendem a praticar aquelas cujos produtos apresentam preços mais elevados. E se os custos por unidade produzida são diferentes (como normalmente ocorre) o que determina a atividade mais interessante economicamente é o sistema de preços, ou seja, a relação entre preço e custo por unidade de produto. Os preços, portanto, desempenham um papel central na alocação dos recursos nas unidades de produção, podendo servir para mostrar em que condições poderia ocorrer uma transição agroecológica.

É neste sentido que a programação linear é empregada na ICTA. No modelo empregado neste método, porém, os preços dos produtos são definidos a partir de um processo de agregação de valor desencadeado pela fixação de determinados preços dos meios de produção, assim como pela fixação de um aumento do valor agregado obtido pelos sistemas de produção considerados compatíveis com uma transição agroecológica. A partir da fixação desses parâmetros obtém-se um novo sistema de preços e observa-se o seu efeito sobre os resultados econômicos dos sistemas de produção. Este procedimento é realizado até que os resultados econômicos

23 Uma discussão mais detalhada sobre a formação dos preços e a sua natureza é realizada no capítulo 3.

dos sistemas de produção mais sustentáveis assumam um valor suficiente para a reprodução social dos agricultores, assim como os resultados econômicos dos sistemas de produção considerados menos sustentáveis se tornem desestimulantes a sua adoção. A diferença entre os resultados econômicos dos sistemas mais sustentáveis obtidos por este procedimento em relação aos resultados observados anteriormente a aplicação do modelo corresponde a internalização dos custos da transição, em termos monetários.

É importante salientar que a internalização não corresponde aos custos da mudança propriamente dita de um sistema de produção para outro. Por exemplo, a instalação de um pomar em uma gleba anteriormente dedicada a uma cultura anual exige custos em mudas, insumos, equipamentos, etc. Na medida em que tais custos já se encontram computados nos resultados econômicos das unidades de produção, eles não exigem internalização, a qual, diz respeito apenas às externalidades ambientais e sanitárias provocadas pelos sistemas de produção.

Assim, embora a internalização dos custos da transição agroecológica corresponda a sua expressão monetária, esses custos não devem ser avaliados apenas monetariamente, Tal avaliação deve considerar também aspectos não monetários, como os avanços obtidos pela transição agroecológica em termos de bem estar e sustentabilidade, os quais só podem ser avaliados qualitativamente. Em outras palavras, não são os custos internalizados que devem diretamente orientar as decisões sobre a transição agroecológica, mas eles apenas indicam as consequências econômicas de decisões políticas que só podem ser tomadas a partir de uma avaliação mais ampla, em boa parte de caráter qualitativo, da necessidade da sua promoção[24]. Por outro lado, a ICTA pode contribuir significativamente

24 Este ponto, que diz respeito ao caráter qualitativo das riquezas, é discutido em detalhes no terceiro capítulo.

para mostrar o ritmo e o tipo de transição agroecológica mais viáveis nas condições técnicas observadas em um dado sistema agrário.

A formulação do modelo empregado para o cálculo do sistema de preços vinculado à transição agroecológica está baseada no fato do valor agregado, em termos macroeconômicos, poder ser obtido tanto pela soma do valor agregado pela geração dos produtos e dos meios de produção, como pelo valor dos produtos de consumo final menos as rendas. É importante salientar que apenas o valor dos produtos finais é considerado no cálculo macroeconômico. Caso contrário, haveria dupla contagem do valor dos meios de produção, na medida em que a formação dos preços ocorre por um processo de agregação de valor.[25] Assim, a partir da teoria da renda diferencial de Marx[26], pode-se demonstrar que é possível definir os preços que minimizam os custos, correspondentes a soma do valor agregado das atividades, e maximizam o valor dos produtos de consumo final subtraído das rendas, considerando a demanda de produtos finais, as alternativas técnicas disponíveis para a produção e a disponibilidade de recursos naturais. É desta forma que o sistema de preços é definido na ICTA, explicitando as restrições ao uso de determinados meios de produção (especialmente insumos químicos) e recursos naturais que ela implica.[27]

Um exemplo de aplicação da ICTA para a análise de um sistema agrário é discutido no próximo capítulo. Antes, porém, é interessante apresentarmos um exemplo de aplicação mais simples, limitado à análise de uma cultura para a discussão das características mais gerais da ICTA.

25 SILVA NETO, B. Trabalho, reprodução material e formação dos preços no desenvolvimento capitalista. **Desenvolvimento em Questão**, ano 8, n. 53, p. 10-31, out/dez 2020.

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

27 Os fundamentos teóricos do modelo empregado na ICTA são discutidos no capítulo 4.

Aplicação da ICTA para a análise de dois sistemas de cultura de milho em Ijuí

Neste exemplo será analisada a cultura do milho a partir de dados obtidos em duas unidades de produção do município de Ijuí (RS). A cultura de milho foi escolhida pela grande diversidade dos sistemas de produção existentes na região do município, nos quais são utilizadas diferentes quantidades de insumos e equipamentos de origem industrial, sendo praticados por várias categorias sociais de agricultores. Esta diversidade pode ser explicada pelo fato do milho ser utilizado para diferentes finalidades, desde a alimentação animal no interior da unidade de produção (inclusive aves e suínos para consumo da família) até a comercialização para a alimentação animal e humana. Esta diversidade da cultura do milho, por exemplo, é muito maior do que a apresentada pela cultura da soja.

Um dos sistemas de cultura de milho analisado é praticado em uma unidade de produção patronal, com uma superfície agrícola útil de 172 hectares, a qual pode ser considerada elevada para os padrões da região. A produção comercial é formada exclusivamente por culturas anuais de grãos, com as culturas da soja (150 hectares) e do milho (20 hectares) sendo produzidos no período mais quente do ano, seguidos pela cultura do trigo (100 hectares), da aveia preta (50 hectares) produzidos no mesmo ano, no período frio. Além desses grãos destinados à comercialização, a unidade de produção patronal desenvolve atividades voltadas para o consumo da família como a criação de bovinos para carne e leite, de aves e a cultura da mandioca (totalizando 2 hectares). Esta unidade de produção patronal apresenta um elevado nível de acumulação, possuindo um parque de máquinas (tratores, colhedoras e caminhões) completo, assim como uma grande quantidade de implementos (arados, grades e pulverizadores, entre outros), para a produção de grãos. O uso de insumos químicos é elevado em relação ao usualmente empregado na região.

A outra unidade de produção possui mão de obra exclusivamente familiar, dispondo de 30 hectares, o que a situa dentro do padrão de disponibilidade de superfície dos agricultores familiares da região. A produção comercial é representada pelas culturas da soja (12 hectares) e do milho (6 hectares), e a de subsistência pelas culturas da mandioca (0,3 hectares), do feijão (0,3 hectares) e das batatas doce e inglesa (consorciadas em 0,4 hectares), assim como pela bovinocultura (um hectare) e pela criação de aves em torno da moradia.

As principais características técnicas e econômicas da produção de milho nas unidades de produção pesquisadas são mostradas na tabela 1.

Tabela 1: Características técnicas e econômicas da produção de milho nas unidades de produção.

	Unidade Patronal	Unidade Familiar
Área de milho (ha)	20,00	6,00
Preço do milho (R$/saca de 60 kg)	70,00	
Preço dos herbicidas (R$/l)	50,00	
Preço dos inseticidas (R$/l)	100,00	
Preço do adubo NPK (R$/kg)	3,60	
Preço da uréia (R$/kg)	3,00	
Rendimento de milho (sacos 60 kg/ha)	100,00	70,00
Produto bruto do milho (R$)	140.000,00	29.400,00
Consumo intermediário do milho (R$)	62.233,07	9.570,00
Valor agregado bruto do milho (R$)	77.766,93	19.830,00
Valor agregado bruto/área de milho (R$/ha)	3.888,35	3.305,00
Dose de herbicidas no milho (l/ha)	7,5	1,50
Dose de inseticidas no milho (l/ha)	1,18	0,50
Dose de adubo NPK no milho (kg/ha)	400,00	200,00
Dose de ureia no milho (kg/ha)	300,00	200,00

Fonte: dados da pesquisa

Como se pode observar na tabela 1, o rendimento da cultura do milho e o uso de insumos, na unidade patronal são maiores do que na unidade familiar. No sistema de preços vigente, o valor agregado bruto[28] por superfície da produção de milho na unidade patronal é superior em R$ 585,35 ao obtido na unidade familiar.

28 Obtido pelo valor total da produção menos o consumo intermediário.

Assim, é provável que políticas de preços ou de crédito que tenham como objetivo proporcionar maior renda a estes agricultores resultem em um incentivo para que eles intensifiquem o uso de insumos visando aumentar os seus resultados econômicos por meio do aumento do rendimento físico. Além disto, é interessante observar que, quanto maior for o aumento do preço do milho, mais vantajosa se mostra a produção intensiva realizada na unidade patronal. Considerando a função que relaciona o preço com o valor agregado bruto por superfície, o seu coeficiente angular corresponde ao rendimento por hectare e o coeficiente linear ao consumo intermediário para por hectare (mostrados na tabela 1). O comportamento das funções assim obtidas para as unidades patronal e familiar, em relação ao preço é mostrado na figura 1. O preço no qual o valor agregado bruto expresso por estas funções se iguala é o de R$ 50,55/saco de 60 kg (bem abaixo dos R$ 70,00/saco observado nas unidades de produção) a partir do qual o valor agregado bruto por hectare da unidade patronal torna-se cada vez mais elevado do que o da unidade familiar. É provável, pois, que neste caso o simples aumento dos preços exacerbaria o processo de acumulação diferencial na agricultura, fenômeno que tem sido amplamente observado nas últimas décadas no Brasil devido ao aumento do preço das commodities agrícolas, o que se intensifica no caso de um maior acesso ao crédito pelos agricultores. Diante desta situação, foi formulado um modelo para a definição de um sistema de preços que permitiria o aumento da renda dos agricultores familiares, de forma a favorecer a manutenção de um uso relativamente baixo de insumos na sua produção de milho.

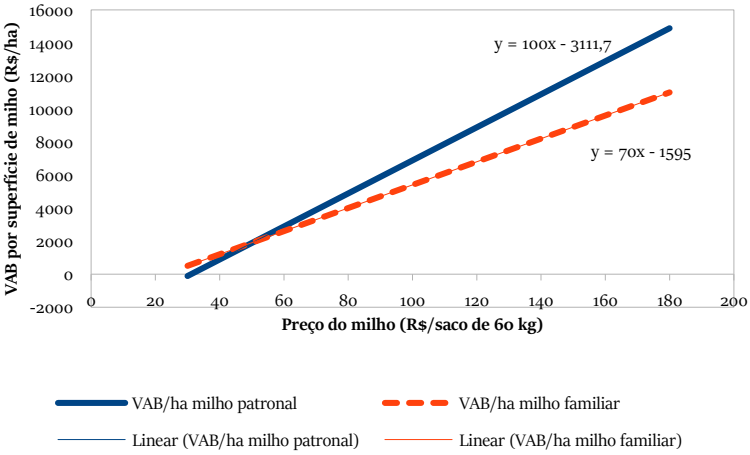


Figura 1: Curvas de aumento do valor agregado bruto em função do preço em unidades de produção patronal e familiar (preços dos insumos observados)

Fonte: resultados da pesquisa

Os coeficientes do modelo são mostrados na tabela 2.

Tabela 2: Coeficientes do modelo obtidos a partir dos resultados econômicos dos sistemas de produção

	Unidade de medida	Unidade Patronal	Unidade Familiar
Valor agregado	R$/tonelada de milho	648,05778	786,90476
Herbicidas	litros/tonelada de milho	1,25	0,3571429
Inseticidas	litros/tonelada de milho	0,197222	0,1190476
Adubo NPK	quilos/tonelada de milho	66,66667	47,6190476
Ureia	quilos/tonelada de milho	50,00	47,6190476
Outros insumos	R$/tonelada de milho	46,386667	35,7142857
Área	hectares/tonelada de produto	0,166667	0,2380952

Fonte: dados da pesquisa

Observa-se na tabela 2 que a unidade de produção patronal emprega uma quantidade de insumos por unidade física de produção de milho superior à empregada pela unidade de produção familiar. Esta última, portanto, é mais eficiente no uso dos insumos do que a unidade patronal, o que torna o sistema de cultura de milho familiar interessante para a promoção de uma transição agroecológica em Ijuí.

O modelo de programação linear empregado na ICTA foi formulado a partir dos coeficientes apresentados na tabela 2. O problema primal do modelo, que fornece as quantidades a serem produzidas considerando as condições técnicas de produção e a disponibilidade de terra, foi formulado como,

$$\begin{gathered}\textit{Minimizar o custo total} \\ 648.0577777mp + 786.9047619mf + 50h + 100i + 3.6a + 3u \\ + 46.3867oip + 35.7143oif \\ \text{Sujeito às restrições}\end{gathered} \tag{7}$$

$$\textit{Demanda de milho)}\ mp + mf \geq 25.2 \tag{8}$$

$$\textit{Uso de herbicidas)}\ -1.25mp - 0.3571mf + h \geq 0 \tag{9}$$

$$\textit{Uso de inseticidas)}\ -0.1972mp - 0.119mf + i \geq 0 \tag{10}$$

$$\textit{Uso de adubo NPK)}\ -66.666667mp - 47.619mf + a \geq 0 \tag{11}$$

$$\textit{Uso de ureia)}\ -50mp - 47.619mf + u \geq 10 \tag{12}$$

$$\textit{Uso de outros insumos no milho patronal)}\ -mp + oip \geq 0 \tag{13}$$

$$\textit{Uso de outros insumos no milho familiar)}\ -mf + oif \geq 0 \tag{14}$$

$$\textit{Disponibilidade de terra)}\ 0.6667mp + 0.2381mf \leq 7 \tag{15}$$

onde,

mp = quantidade de milho produzida pela unidade patronal

mf = quantidade de milho produzida pela unidade familiar

h = quantidade de herbicidas

i = quantidade de inseticidas

a = quantidade de adubo NPK

u = quantidade de ureia

oif = outros insumos utilizados na cultura do milho familiar

oip = outros insumos utilizados na cultura do milho patronal

A partir do problema primal foi deduzido o problema dual, o qual fornece o preço do milho, formado de acordo com as condições técnicas de produção de cada sistema de cultura. Este problema dual foi formulado como,

$$\textit{Maximizar o valor agregado } 25.2pmil + 0ph + 0pi + 0pa + 0pu + 0poic + 0poif - 7rt \quad (16)$$

Sujeito às restrições

$$\textit{Preço do milho determinado nas condições do sistema patronal } pmil - 1.25ph - 0.197222222pi - 66.6667pa - 50pu - poic - 0.16667rt \leq 648.0577777 \quad (17)$$

$$\textit{Preço do milho determinado nas condições do sistema familiar} pmil - 0.357142871429ph - 0.1190476190476pi - 47.619047619048pa - 47.619047619048pu - poif - 0.2381rt \leq 786.90447619 \quad (18)$$

$$\textit{Preço dos herbicidas)}\ ph \leq 50 \quad (19)$$

$$\textit{Preço dos inseticidas)}\ pi \leq 100 \quad (20)$$

$$\textit{Preço do adubo NPK)}\ pa \leq 3.6 \quad (21)$$

$$\textit{Preço da ureia)}\ pu \leq 3 \quad (22)$$

$$\textit{Preço dos outros insumos empregados no sistema patronal)}\ poip \leq 46.3867 \quad (23)$$

$$\textit{Preço dos outros insumos empregados no sistema familiar)}\ poif \leq 35.7143 \quad (24)$$

Onde,

pmil = preço do milho

ph = preço dos herbicidas

pi = preço dos inseticidas

pa = preço do adubo NPK

pu = preço da ureia

$poip$ = preço dos outros insumos do sistema patronal
$poif$ = preço dos outros insumos do sistema familiar
rt = renda da terra

O resultado da solução do problema primal é igual à do problema dual, ou seja, o custo total é equivalente ao total do valor agregado (obtido pelo valor dos produtos finais menos as rendas). É importante salientar, no entanto, que o custo total não inclui as rendas, que são apenas transferências de valor entre os agentes econômicos que não afetam o custo social devendo, portanto, ser debitadas do valor agregado total. Isto é mostrado pela expressão (25).

$$\begin{gathered} \textit{Minimizar o custo total} \\ 648.0577777mp + 786.9047619mf + 50h + 100i + 3.6a + 3u \\ + 46.3867oip + 35.7143oif \\ = \textit{Máximo}\ pmil - 0.357142871429ph - 0.1190476190476pi - \\ 47.619047619048pa \\ -47.619047619048pu - poif - 0.2381rt \leq 786.90447619 \end{gathered} \tag{25}$$

Como o modelo é parametrizado a partir dos preços observados, ele inicialmente é tautológico, isto é, os preços obtidos no problema dual são os que foram utilizados para o cálculo dos valores agregados do problema primal. Assim, a solução do modelo fornece os mesmos resultados econômicos que foram utilizados para parametrizá-lo, apresentando solução múltipla, ou seja, ambos os sistemas de produção são "eficientes", determinando assim o preço do milho. Neste ponto é importante salientarmos a importância da noção de eficiência relacionada aos resultados do modelo. Neste, uma atividade (ou técnica) eficiente é a que compõe a solução ótima do problema primal, o que implica que a restrição a ela relacionada no problema dual limita ativamente a sua solução, ou seja, tal atividade é determinante dos preços. No caso do modelo apresentado acima, como os

dois sistemas de cultura são eficientes, o valor obtido no lado direito das expressões (17) e (18) corresponde ao valor agregado mostrado no seu lado direito. Se, por exemplo, o sistema patronal fosse ineficiente, o valor obtido no lado esquerdo da expressão (17) seria menor do que o do seu lado direito, indicando que os preços que maximizam o valor agregado não permitem que este sistema obtenha o valor agregado que consta na expressão (7), correspondente a função do problema primal a ser otimizada.

Para analisar o efeito do aumento dos preços dos insumos sobre os resultados econômicos obtidos pela produção de milho dos dois tipos de agricultor foi fixado um aumento de 100% sobre os preços dos insumos. Os resultados são mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados obtidos com o aumento de 100% do preço dos insumos químicos.

	Unidade Patronal		Unidade Familiar	
	Simulação (S)	S / V.O. % *	Simulação (S)	S / V.O. %
Área (ha)	20,00	0,00%	6,00	0,00%
Preço (R$/saca de 60 kg)	90,64	29,49%	90,64	29,49%
Preço dos herbicidas (R$/l)	100,00	100,00%	100,00	100,00%
Preço dos inseticidas (R$/l)	200,00	100,00%	200,00	100,00%
Preço do adubo fórmula (R$/kg)	7,20	100,00%	7,20	100,00%
Preço da ureia (R$/kg)	6,00	100,00%	6,00	100,00%
Rendimento (sacos 60 kg/ha)	100,00	0,00%	70,00	0,00%
Produto bruto (R$)	181.285,71	29,49%	38.070,00	29,49%
Consumo intermediário (R$)	118.699,73	90,73%	18.240,00	90,60%
Valor agregado bruto (R$)	62.585,98	-19,52%	19.830,00	0,00%
Valor agregado bruto /área (R$/ha)	3.129,30	-19,52%	3.305,00	0,00%
Valor agregado bruto/produto (R$/60 kg)	566,27	-12,62%	786,90	0,00%
Dose de herbicidas (l/ha)	7,50	0,00%	1,50	0,00%
Dose de inseticidas (l/ha)	1,18	0,00%	0,50	0,00%
Dose de adubo fórmula (kg/ha)	400,00	0,00%	200,00	0,00%
Dose de ureia (kg/ha)	300,00	0,00%	200,00	0,00%

* Valores originais anteriores a simulação
Fonte: dados da pesquisa

Observa-se na tabela 3 que o aumento de 100% dos preços dos insumos, bastante severo, provocou um aumento relativamente limitado no preço do milho, de 29,49%. No entanto, este novo sistema de preços influenciou significativamente os resultados econômicos proporcionados

pela produção de milho, provocando uma queda significativa desses resultados no sistema patronal, que se tornou ineficiente.

Os resultados mostrados na tabela 3 indicam que, no novo sistema de preços fornecido pela solução do modelo, são as condições técnicas do sistema familiar que passam a determinar o preço do milho. Isto significa que as técnicas empregadas nesse sistema são eficientes, isto é, são elas que, em termos macroeconômicos, permitem a maximização do valor agregado (e a minimização do custo). Para facilitar que isto seja observado, na coluna ao lado dos resultados econômicos de cada sistema de cultura, é mostrada uma coluna com a comparação, em termos percentuais, entre estes resultados e os mostrados na tabela 2, apresentada anteriormente (designados como "valores originais"). Assim, observa-se na tabela 3 que o valor agregado bruto (absoluto e por área) obtido com o sistema familiar não se alterou, enquanto que o obtido com o sistema patronal apresentou uma diminuição de 19,52%. Observa-se também na tabela 3 que, com o novo sistema de preços, o valor agregado por área do sistema familiar passou a ser superior ao do sistema patronal, embora esta diferença seja relativamente baixa, de R$ 175,57/hectare.

Em geral, considera-se desejável a adoção de medidas para aumentar a renda dos agricultores cujos sistemas de produção se mostram mais compatíveis com uma transição agroecológica. Uma série de simulações foi realizada para a análise das condições em que essas medidas poderiam ser efetivas. Como resultado dessas simulações, foi constatada a necessidade de um aumento ainda maior do preço dos insumos para que o valor agregado bruto por área proporcionado pelo sistema familiar passe a ser nitidamente superior ao do sistema patronal. A tabela 4 mostra uma simulação em que os preços dos insumos foram aumentados em 200%, assim como um aumento de 15% do valor agregado bruto por unidade de

produto que se encontra no lado direito da expressão (18), que passou de 786,904 para 904,94 R$/tonelada.

Tabela 4: Resultados obtidos a partir do aumento de 200% dos preços dos insumos químicos e 15% do valor agregado bruto do sistema familiar

	Unidade Patronal		Unidade Familiar	
	Simulação (S)	S / V.T. %	Simulação (S)	S / V.T. %
Área (ha)	20,00	0,00%	6,00	0,00%
Preço (R$/saca de 60 kg)	118,37	69,10%	118,37	69,10%
Preço dos herbicidas (R$/l)	150,00	200,00%	150,00	200,00%
Preço dos inseticidas (R$/l)	300,00	200,00%	300,00	200,00%
Preço do adubo fórmula (R$/kg)	10,80	200,00%	10,80	200,00%
Preço da ureia (R$/kg)	9,00	200,00%	9,00	200,00%
Rendimento (sacos 60 kg/ha)	100,00	0,00%	70,00	0,00%
Produto bruto (R$)	236.735,71	69,10%	49.714,50	69,10%
Consumo intermediário (R$)	175.166,40	181,47%	26.910,00	181,19%
Valor agregado bruto (R$)	61.569,31	-20,83%	22.804,50	15,00%
Valor agregado bruto /área (R$/ha)	3.078,47	-20,83%	3.800,75	15,00%
Dose de herbicidas (l/ha)	7,50	0,00%	1,50	0,00%
Dose de inseticidas (l/ha)	1,18	0,00%	0,50	0,00%
Dose de adubo fórmula (kg/ha)	400,00	0,00%	200,00	0,00%
Dose de ureia (kg/ha)	300,00	0,00%	200,00	0,00%

Fonte: dados da pesquisa

Observa-se na tabela 4 que o valor agregado bruto do sistema patronal continua inferior ao do modelo com os parâmetros originais, o que indica que este sistema não seria eficiente. No caso do sistema familiar, observa-se na tabela 4 que o aumento do valor agregado corresponde ao aumento fixado na simulação, o que indica que este sistema seria eficiente economicamente nas condições definidas na simulação.

Enfim, é interessante salientar que, quando as técnicas permitem usar ainda menos insumos químicos (e, no limite, não usar, como no caso da agricultura orgânica), a elevação dos preços necessária para que tais técnicas se tornem eficientes é menor. Por outro lado, é importante avaliar as reais possibilidades de tais técnicas suprirem a demanda estabelecida, o que poderia ser detectado no processo de análise aqui proposto.

Conclusão

A discussão realizada neste capítulo indica claramente que a integração da ICTA na ADSA não apresenta dificuldades particulares. E nos parece também que essa integração pode trazer subsídios importantes para que os estudos baseados na ADSA possam contribuir de forma (ainda mais) efetiva para a reflexão sobre as condições para a sustentabilidade dos sistemas agrários. Neste sentido, embora neste capítulo a ICTA tenha sido aplicada apenas a uma cultura isolada, destaca-se o fato dela permitir analisar as condições para uma transição agroecológica no sistema agrário como um todo, incluindo produções realizadas em grande escala (como a cultura do milho analisada neste capítulo).

Outra característica importante da ICTA é que nela o aumento dos preços decorre de uma decisão explícita de se contrapor a destruição do ambiente por meio da diminuição do uso de certos meios de produção. Esta diminuição é formalmente equivalente a uma escassez desses meios de produção (que, por sua vez, pode ser provocada pela escassez de recursos naturais), a qual condiciona a agregação de valor por meio da geração de rendas. Neste sentido, no procedimento adotado na ICTA as questões ambientais são consideradas como relativas às riquezas, em seu sentido qualitativo, sobre as quais a sociedade deve tomar as decisões a partir das quais se desencadeiam os processos econômicos propriamente ditos. Neste sentido, a ICTA traz subsídios a uma reflexão sobre o desenvolvimento local centrada nas riquezas, sem desconsiderar as restrições técnicas que se colocam ao estabelecimento de uma transição agroecológica. Isto contrasta

com a forma como normalmente são discutidas as propostas de desenvolvimento na ADSA, que tem como foco principal o valor agregado, em geral considerado, erroneamente, como equivalente à riqueza.[29]

De um ponto de vista prático, estas características da ICTA serão mais claramente explicitadas nos dois próximos capítulos, nos quais será analisado como ela pode ser integrada a uma ADSA em escala municipal. Salientamos que a teoria sobre as relações entre riquezas, valores e preços que dá suporte à ICTA será discutida no capítulo quatro.

29 SILVA NETO, B. As relações entre valor agregado e riqueza na Análise-diagnóstico de sistemas agrários. **Extensão Rural**, v. 27, n. 4, out/dez 2020.

2

Primeiro exemplo de aplicação: município de São Pedro do Butiá

Introdução

Em 2016 foi realizada uma Análise-diagnóstico da agricultura do município de São Pedro do Butiá no quadro de um projeto de pesquisa e extensão conduzido pelo NEPEA/UFFS-CL - Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia do campus de Cerro Largo da Universidade Federal da Fronteira Sul[30]. Procuramos integrar a ICTA nesse estudo, do qual é apresentada uma breve síntese na seção seguinte.

A agricultura de São Pedro do Butiá

O município de São Pedro do Butiá está localizado na região noroeste do Rio Grande do Sul, sendo limítrofe do município de Cerro Largo, do qual se desmembrou em 1992. O município possui 107,6 quilômetros quadrados e encontra-se a cerca de 200 metros de altitude. Em 2010 (últimas estatísticas oficiais disponíveis[31]), São Pedro do Butiá possuía 2.873 habitantes, dos quais 58% residiam na zona rural. Sua economia é baseada na agricultura, a qual responde por cerca de 50% do valor adicionado no município[32]. O Índice de Desenvolvimento Humano de São Pedro do Butiá em 2008 era de 0,808 (muito alto).

---

30 SILVA NETO, B. A **Agroecologia no desenvolvimento rural do município de Cerro Largo.** Relatório final do Projeto de Extensão da Chamada MCTI/MAPA/MEC/MDA/MEC/MPA/CNPq Nº 81/2013 – Linha 1, 2016, 58 p. (disponível em http://nepea-uffs-cl.yolasite.com/)

31 Censo Populacional 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

32 https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sao-pedro-do-butia.html#economia

A análise da agricultura do município teve início com um zoneamento do seu território por meio de uma leitura da paisagem. Para tanto, procurou-se definir as principais heterogeneidades socioeconômicas e ambientais da sua agricultura. Foram identificadas cinco zonas agrossocioambientais. Em quatro dessas zonas observou-se uma densidade relativamente alta de unidades de produção, sobre solos apresentando relevo ondulado, assim como vários núcleos populacionais cujas atividades econômicas não agrícolas e infraestrutura indicaram um bom nível de desenvolvimento rural. As atividades predominantes observadas nestas quatro zonas foram a produção de leite, soja, suínos e milho. Tais zonas se diferenciam principalmente em função do grau de acumulação aparente observado nas unidades de produção, apreendido por meio da observação das suas benfeitorias e equipamentos. No que diz respeito à quinta zona agrossocioambiental identificada, esta se distingue das demais por apresentar uma paisagem típica de grandes propriedades, com uma baixa densidade de unidades de produção, solos mais planos, predominância das atividades de produção de soja e gado de corte e presença de poucas comunidades. Esta última zona cobre uma área relativamente pequena do município.

Após o zoneamento foi analisada a formação histórica da agricultura do município cujos resultados são sintetizados a seguir. Coberto originalmente por florestas tropicais pertencentes ao bioma Mata Atlântica, a região era ocupada de forma dispersa por indígenas quando da chegada dos portugueses no século XVII. No entanto, exceto pela presença de populações mestiças (caboclos), que se instalaram precariamente na região do atual município, esta permaneceu pouco explorada economicamente. Esta exploração se intensifica pela colonização da região por imigrantes descendentes de alemães no início do século XX, em boa

parte provenientes das Colônias Velhas[33]. Esta colonização foi menos intensa na zona 4 descrita anteriormente. De maneira geral, os colonos tiveram acesso a lotes de terra de 25 hectares possuindo, porém, diferentes disponibilidades dos demais meio de produção, o que provocou certa diferenciação social. A estrutura fundiária, porém, permaneceu pouco concentrada. A produção animal, especialmente a de suínos e, mais tarde, a de bovinos de leite, foi a principal base de acumulação dos agricultores do município ao longo da sua história.

Os resultados obtidos com a análise da formação histórica do município forneceu as bases para a compreensão das principais trajetórias de acumulação dos agricultores. A partir dessas bases foram realizadas uma série de entrevistas para a definição de uma tipologia que permitisse apreender de forma inteligível a diversidade da agricultura do município. Foram identificados nove tipos de unidades de produção, classificados acordo com a categoria social do agricultor e as principais atividades do sistema de produção adotado. Antes de apresentar esses tipos, porém, é interessante discutir brevemente algumas características gerais dos sistemas de produção agropecuária de São Pedro do Butiá.

A análise desses sistemas de produção indicou, de uma maneira geral, uma alta exigência de mão de obra e um elevado consumo de insumos químicos, assim como um nível em geral elevado de acumulação em máquinas e instalações. Uma exceção importante do ponto de vista dos propósitos do estudo foi a descoberta, ao longo das enquetes, de uma unidade de produção especializada em leite, baseada no sistema de pastoreio rotativo. Observou-se que nesta unidade de produção o uso de insumos e equipamentos é bem menor do que nos demais sistemas de bovinocultura de leite do município. Outra característica importante desta unidade de

33 SILVA NETO, B. (Org.); BASSO, David (Org.). **Sistemas Agrários do Rio Grande do Sul. Análise e Recomendações de Políticas**. Ijuí: Editora UNIJUI, 2015, p. 99-114.

produção é que ela não emprega a silagem para a alimentação dos animais. O problema é que a maioria dos produtores de leite de São Pedro do Butiá, por possuírem áreas limitadas, quando produzem silagem o fazem duas vezes seguidas sobre a mesma parcela, o que exige doses relativamente elevadas de adubos, especialmente ureia, favorizando a oxidação da matéria orgânica do solo e, portanto, a sua desestruturação e compactação. Além disto, os agricultores utilizam a planta inteira do milho para fazer a silagem, o que implica em expor o solo diretamente às intensas precipitações que normalmente ocorrem na região no final do verão. O resultado da adoção deste itinerário técnico para a cultura do milho para silagem é a grande vulnerabilidade dos solos à erosão. Além disto, pelo fato da silagem ser um alimento pobre em proteínas, ela geralmente implica em um aumento do fornecimento aos animais de rações ricas em farelo de soja, o que concorre para um aumento significativo da sua densidade por área, aumentando o risco de poluição ambiental pelos dejetos. Enfim, na cultura do milho são usados vários agrotóxicos como herbicidas e inseticidas, pouco empregados ou em muitos casos ausentes na produção de pastagens.

Essas características dos sistemas intensivos de bovinocultura de leite de São Pedro do Butiá tornam a sua substituição por sistemas baseados no pastoreio rotativo uma alternativa estratégica potencialmente interessante para iniciar um processo de transição agroecológica no município. Por outro lado, a unidade de produção que adota o pastoreio rotativo possui especificidades que impossibilitam considerá-la como representante de um verdadeiro tipo de unidade de produção, pela sua pouca influência na dinâmica da agricultura do município. Além disto não foi possível localizar em São Pedro do Butiá outras unidades de produção que produziam leite baseando-se exclusivamente no pastoreio rotativo.

Retornando a análise dos tipos de unidades de produção do município, dentre os nove tipos identificados, seis foram selecionados em função

da sua maior influência sobre a dinâmica da agricultura local. Os sistemas de produção desses tipos estão baseados principalmente na produção de leite e de soja. Além desses tipos foi considerada também a unidade de produção de leite baseada no pastoreio rotativo.

A partir da análise dos sistemas de produção praticados por esses tipos, foram elaborados modelos lineares para definir a variação da renda em relação à escala de produção. Tais modelos permitem comparar os sistemas de produção quanto aos seus potenciais de geração de renda por hectare, indicados pelo coeficiente angular do modelo. O coeficiente linear é representado pelas depreciações e outros gastos fixos por unidade de trabalho familiar. A renda mínima de um salário mínimo por unidade de trabalho familiar (na época, de R$ 10.244,00 por ano, incluindo o 13º salário) foi considerada como o nível de reprodução social (NRS) dos agricultores, ou seja, o nível de renda mínimo por ativo para que a sua reprodução como categoria social possa ser assegurada. Os coeficientes do modelo e a renda agropecuária por unidade de trabalho familiar (correspondente a cerca de 2.500 horas anuais) são mostrados na tabela 5, na qual os tipos são denominados de acordo com a categoria social do agricultor e as principais atividades que compõem seus sistemas de produção. A partir dos coeficientes mostrados na tabela 5 foi elaborado o gráfico 1.

Tabela 5: Coeficientes dos modelos lineares da renda em função da área de alguns tipos de agricultor de São Pedro do Butiá

Tipos	Coeficiente angular (R$/ha)	Coeficiente linear (R$/UTF)	SAU/UTF (ha/pessoa)	Renda/UTF (R$/pessoa)	Área mínima para reprodução social (ha/pessoa)
Familiar grãos	2.537,30	288,00	10,67	26.776,49	4,15
Familiar leite grãos	4.694,26	2.173,33	3,33	13.474,21	2,65
Patronal grãos leite	2.938,20	38.596,23	60,00	137.695,79	16,62
Fam. leite grãos suínos	2.582,52	1.303,11	10,00	24.522,09	4,47
Familiar grãos suínos	1.934,97	4.796,67	14,00	22.292,91	7,77
Familiar leite a pasto	6.230,94	199,11	2,33	14.339,75	1,68
Fam. Pluriat. pasto rotativo	9.249,36	1.913,06	3,58	31.230,49	1,31
Familiar leite intensivo	12.165,70	3.315,33	9,20	108.609,13	1,11

Fonte: adaptado a partir de SILVA NETO (2016)

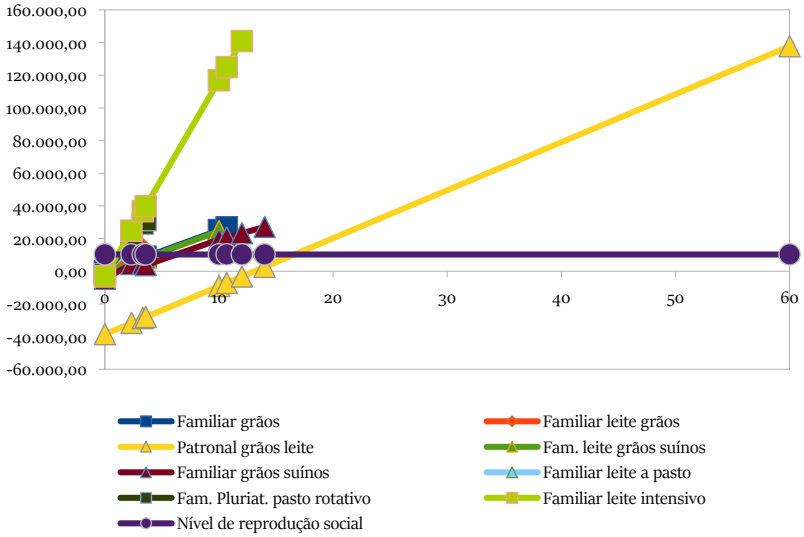


Figura 2: Capacidade de reprodução social dos tipos de São Pedro do Butiá
Fonte: elaborado a partir de SILVA NETO (2016)

Pode-se observar na tabela 5, o que é ilustrado pela figura 2, que todos os tipos estudados possuem área suficiente para a sua reprodução social, sendo que três sistemas de produção apresentam um alto potencial de geração de renda (indicado pelos elevados coeficientes angulares dos modelos que os representam). O sistema de produção do tipo patronal, e em menor grau, de dois tipos familiares apresentam menor capacidade de geração de renda por hectare. Observa-se também que a unidade de produção com pastoreio rotativo apresenta um potencial de geração de renda elevado, mesmo quando comparada com os demais tipos que produzem de leite.

A questão que se coloca, portanto, é porque a produção de leite baseada no pastoreio rotativo, tal como observada na unidade de produção estudada, é rara em São Pedro do Butiá. A resposta encontra-se na trajetória de acumulação dos agricultores. Já durante as entrevistas observou-

se que os agricultores que possuíam sistemas com produções intensivas de leite conheciam o pastoreio rotativo. Assim, muitos desses agricultores aplicavam esta técnica no manejo das pastagens, porém, a elas integrando a produção de silagem. Ao longo das entrevistas, ficou evidente que esses agricultores, ao longo das suas trajetórias de acumulação, passaram a utilizar a silagem como forma de aumentar a produção partindo de sistemas de pastoreio rotativo. Ficou claro, assim, que os sistemas de bovinocultura de leite baseados no pastoreio rotativo, apesar de proporcionarem resultados econômicos interessantes, foram apenas transitórios ao longo do processo de acumulação dos agricultores. Os demais tipos de agricultores que produzem leite, em geral, são os que se encontram em um processo de desacumulação, apesar da renda de alguns deles ser maior do que a de um salário mínimo por ativo. Isto indica que o custo de oportunidade do trabalho em São Pedro do Butiá foi subestimado na pesquisa. Corrobora esta hipótese a queda da população rural observada entre os anos 2.000 e 2.010 (últimos dados oficiais[34]) de 1.878 habitantes (65,6% da população do município) para 1.664 habitantes (57,9% da população do município).

É possível que a disponibilidade de crédito relativamente farta e a juros baixos à agricultura familiar que caracterizou a primeira década dos anos 2.000 no Brasil tenha contribuído significativamente para acelerar esses processos de acumulação. Outro fator favorável a este processo foram os preços relativamente elevados do leite observados nas últimas décadas.

A figura 2 mostra a relação entre o preço e o valor agregado bruto por hectare gerado por meio da produção de leite. Observa-se nesta figura que, quanto maior o preço do leite, maior é a diferença entre o valor agregado bruto por hectare do sistema intensivo de leite em relação aos demais.

34 http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_060_Miss%C3%83%C2%B5es%20-%20RS.pdf

Isto se deve a elevada produção por hectare proporcionada por este sistema, o qual corresponde ao coeficiente angular das curvas mostradas na figura 2. O coeficiente linear corresponde ao consumo intermediário por hectare.

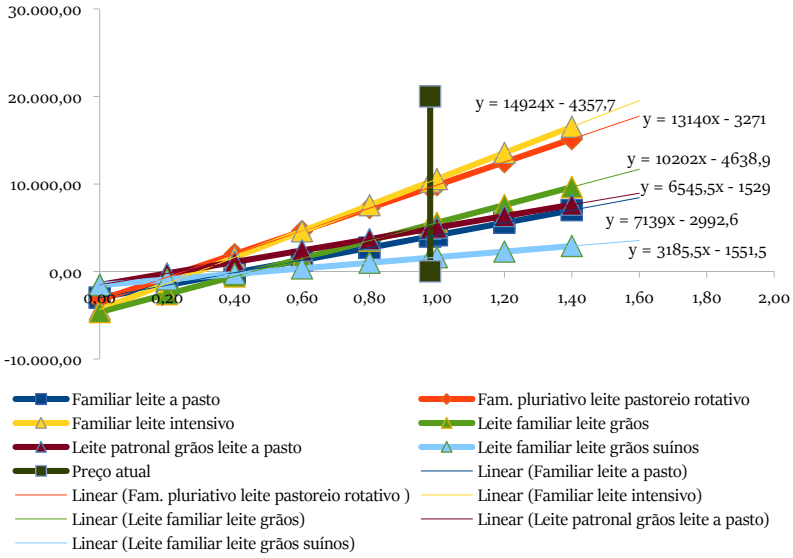


Figura 3: Relação entre o preço e o valor agregado bruto por hectare da produção de leite dos tipos de São Pedro do Butiá

Fonte: elaborado a partir de SILVA NETO (2016)

A partir das curvas relativas ao sistema intensivo e ao sistema baseado no pastoreio rotativo na figura 2, constata-se que a partir de um preço de R$ 0,61 por litro, o sistema intensivo passa a proporcionar um valor agregado bruto por hectare superior ao proporcionado pelo sistema a base de pastoreio rotativo. Considerando que o preço no momento da realização das enquetes era de R$ 0,98 por litro, a diferença entre o valor agregado bruto por hectare entre os dois sistemas é de R$ 662,13, em favor do sistema intensivo.

Análise das condições para uma transição agroecológica em São Pedro do Butiá

A partir dos resultados da Análise-diagnóstico da agricultura do município foi aplicada a internalização dos custos da transição agroecológica (ICTA). Como já mencionado, essa análise baseia-se na determinação de um sistema de preços, cujos princípios e procedimentos são discutidos a seguir.

A aplicação da ICTA

Os preços são formados a partir da agregação de valor que ocorre ao longo das cadeias produtivas (que são, na verdade, redes produtivas). E a base desta agregação de valor é o tempo de trabalho socialmente necessário à produção, isto é, o que é estritamente requerido para satisfazer determinada demanda. Assim, quanto menor for este tempo de trabalho, menor será o preço de um produto. A implicação deste processo de formação dos preços em termos ecológicos é que, normalmente, há uma relação inversa entre a quantidade de meios de produção aplicada em uma dada atividade produtiva e o tempo de trabalho requerido para realizá-la.[35] No padrão tecnológico atualmente dominante na agricultura, esta relação se estabelece entre o uso de insumos e equipamentos de origem industrial e a produtividade do trabalho. A transição agroecológica, na medida em que se baseia em um menor uso de insumos químicos e, em muitos casos, em um menor grau da mecanização tende, assim, a provocar um aumento dos preços, os quais refletem os custos econômicos de tal transição. Evidentemente, tal custo depende das técnicas disponíveis, as quais devem ser cuidadosamente consideradas na sua análise.

Na medida em que os meios de produção exigem recursos naturais para serem produzidos, tendencialmente também se observa uma relação

35 As relações entre tempo de trabalho e preço são discutidas, de um ponto de vista teórico, no capítulo 4.

inversa entre o seu uso e a produtividade do trabalho. No entanto, é importante considerar que muitas técnicas (senão todas) que permitem diminuir o uso de certos recursos naturais (pelo menor emprego de determinados meios de produção) implicam em um uso maior de outros recursos naturais. Um caso típico é o da agricultura, na qual a diminuição do uso de insumos pode provocar uma queda do rendimento por área, implicando na necessidade de mais terra.

Esse processo de agregação de valor pode facilmente ser modelado matematicamente por meio da programação linear, de forma que se possa calcular os efeitos de uma diminuição da exploração do uso de insumos, ou de certos recursos naturais, sobre os preços, considerando a demanda de produtos de consumo final e as técnicas disponíveis para a geração desses produtos e dos meios de produção.

Uma característica interessante do modelo é a grande flexibilidade que ele possui para a aplicação à situações concretas. Neste sentido, o modelo pode ser aplicado com diferentes graus de agregação, considerando diretamente os valores monetários dos meios de produção. O modelo pode também ser aplicado considerando as quantidades físicas dos meios de produção ao longo de toda a cadeia produtiva, representando inclusive a exigência de recursos naturais para a sua geração.

Parametrização do modelo e análise dos sistemas de produção

Inicialmente, o modelo empregado foi elaborado a partir dos valores monetários dos meios de produção (e não das suas quantidades físicas). Este foi o procedimento primeiramente adotado para a aplicação do ICTA em São Pedro do Butiá, dada a aplicação em caráter preliminar realizada neste caso. É importante salientar, porém, que a modelagem baseada nos valores monetários dos meios de produção apresenta a desvantagem de

depender das relações entre os preços dos produtos e dos meios de produção, que podem apresentar importantes variações em função da conjuntura econômica. Assim, a partir dos resultados obtidos com modelos elaborados com base em valores monetários é desejável que sejam realizados estudos mais aprofundados, de natureza mais técnica dos sistemas de produção, baseados nas quantidades físicas. Na seção seguinte será elaborado um modelo deste tipo considerando a quantidade física de alguns insumos.

Os coeficientes para a parametrização do modelo foram obtidos a partir dos resultados da análise dos sistemas de produção discutida anteriormente. Uma característica importante desse modelo é que ele analisa cada produto especificamente. Neste sentido, neste trabalho foram analisadas as produções de soja e de leite, por serem as principais atividades agropecuárias do município, estando presentes na grande maioria das suas unidades de produção.

Neste trabalho foi utilizado o valor agregado bruto como resultado econômico. Assim, os principais coeficientes do modelo são o valor agregado bruto por unidade de produto final (soja ou leite) e o consumo intermediário, também por unidade de produto final. Além desses coeficientes monetários, o modelo inclui coeficientes físicos relativos às unidades de superfície de terra que podem ser exploradas.

O problema primal do modelo, que fornece as quantidades a serem produzidas considerando as condições técnicas de produção e a disponibilidade de terra, foi formulado como,

$$\textit{Minimizar o custo total } csoja + cleite \tag{26}$$

$$\begin{gathered}\textit{Custo total da produção da soja } 38.94857sfg + 45.2358sflg + \\ 41.48404spglp + 16.42281sflgs \\ +34.307428sfgs + 16.05142cis - csoja = 0\end{gathered} \tag{27}$$

Sujeito às restrições

Demanda de soja (sacos de 60 kg) $sfg + sflg + spglp + sflgs + sfgs \geq 500$ (28)

Consumo intermediário da soja (por saco de 60 kg) $sfg + 0.60837sflg + 0.842041spglp + 2.40335sflgs + 1.289142sfgs - cis \leq 0$ (29)

Demanda de terra da soja (100 ha) $2sfg + 2sflg + 1.6667spglp + 2.5sflgs + 2sfgs \leq 1000$ (30)

Custo total da produção do leite (em 1000 litros) $560.801flp + 731.06plpr + 665.3473fli + 525.29lflg + 746.41pglp + 492.94lflgs + 419.19cil - 1000cleite = 0$ (31)

Demanda de leite (litros) $flp + plpr + fli + lflg + pglp + lflgs \geq 72000$ (32)

Consumo intermediário do leite (por mil litros) $1000flp + 593.84plpr + 750.6052fli + 1084.72lflg + 557.23pglp + 1161.89lflgs - 1000cil \leq 0$ (33)

Demanda de terra para leite (10.000 ha) $1.40076flp + 0.761034plpr + 0.6381fli + 0.9802lflg + 1.52777pglp + 3.13927lflgs \leq 110000$ (34)

Onde,

csoja = custo total da soja

sfg = soja do tipo familiar grãos

sflg = soja do tipo familiar leite grãos

spglp = soja do tipo patronal grãos leite a pasto

sflgs = soja do tipo familiar leite grãos suinos

sfgs = soja do tipo familiar grãos suínos

cis = consumo intermediário básico da soja

cleite = custo total do leite

flp = leite do tipo familiar leite a pasto

plpr = leite do tipo pluriativo familiar leite com pastoreio rotativo

fli = leite do tipo familiar leite intensivo

lflg = leite do tipo familiar leite grãos

pglp = leite do tipo patronal grãos leite a pasto

lflgs = leite do tipo familiar leite grãos suínos
cil = consumo intermediário básico do leite

O problema dual fornece os preços da soja e do leite, formados de acordo com as condições técnicas de produção de cada tipo, descritas anteriormente. Salientamos que a quantidade de leite neste modelo é expressa por mil litros, enquanto que no problema primal ela é expressa por litro. Isto explica a diferença da forma como são expressos os coeficientes da demanda de leite do problema primal (72.000) e o coeficiente da produção de leite no dual (72), assim como entre os coeficientes que expressam a necessidade de terra para a produção de leite (110.000 no primal e 110 no dual). Salientamos que, como esta disponibilidade de terra não é limitante, ela não provoca a geração de renda.

O problema dual foi formulado como,

Maximizar o valor agregado bruto total: $500ps - 1000rts + 72pl - 110rtl$ (35)

Sujeito às restrições

Preço da soja (por saco de 60 kg)

Familiar grãos) $ps - pcis - 2rts \leq 38.94857$ (36)

Familiar leite grãos) $ps - 0.60837pcis - 2rts \leq 45.2358$ (37)

Patronal grãos leite a pasto) $ps - 0.842041pcis - 1.6667rts \leq 41.48404$ (38)

Familiar leite grãos suínos) $ps - 2.40335pcis - 2.5rts \leq 16.4228$ (39)

Familiar grãos suínos) $ps - 1.289142pcis - 2rts \leq 34.3074$ (40)

Consumo intermediário básico da soja

$pcis \leq 16.05142$ (41)

Preço do leite (por mil litros)

Familiar leite a pasto) $pl - pcil - 1.4008rtl \leq 560.8013$ (42)

$$\textit{Pluriativo familiar pastoreio rotativo)}\ pl - 593.8411pcil - 0.761034rtl \leq 731.0626 \tag{43}$$

$$\textit{Familiar leite intensivo)}\ pl - 750.605pcil - 0.6381rtl \leq 695.10602 \tag{44}$$

$$\textit{Familiar leite grãos)}\ pl - 1084.7152pcil - 0.9802rtl \leq 525.2888 \tag{45}$$

$$\textit{Patronal grãos leite a pasto)}\ pl - 557.2321pcil - 1.52777rtl \leq 746.409 \tag{46}$$

$$\textit{Familiar leite grãos suínos)}\ pl - 1161.8931pcil - 3.13927rtl \leq 492.9359 \tag{47}$$

Consumo intermediário básico do leite (por litro)

$$pcil \leq 419.1987 \tag{48}$$

onde

ps = preço da soja

pcis = consumo intermediário da soja

rts = renda da terra gerada pela produção de soja

pl = preço do leite

pcil = consumo intermediário básico do leite

rtl = renda da terra gerada pela produção de leite

No caso em que apenas as técnicas eficientes são empregadas, os resultados das funções dos problemas primal e dual são iguais, o que mostra que, nestas condições, o custo total corresponde ao valor agregado total, ou seja,

$$\textit{Mínimo}\ csoja + cleite = \textit{Máximo}\ 500ps - 1000rts + 72pl - 110rtl \tag{49}$$

Salientamos que o custo total e o valor agregado total não incluem as rendas, na medida em que estas se constituem apenas em transferências de valor.

Os resultados obtidos a partir do modelo com os coeficientes descritos nos parágrafos anteriores estão apresentados na tabela 6. Salientamos que a definição das técnicas eficientes ocorre a partir do valor agregado por unidade de produto, e não por superfície. O fato de termos colocado o valor agregado por superfície nas tabelas é porque este indicador é mais importante para os agricultores, dadas as dimensões, em geral, limitadas das unidades de produção de São Pedro do Butiá. No entanto, isto não altera a indicação das técnicas eficientes, que são aquelas que igualam o valor agregado gerado pela solução ao seu valor original (por produto ou por superfície, indiferentemente).

Tabela 6: Resultados fornecidos pelo modelo com os dados originais dos sistemas de produção.

	Valores originais (VO)		Solução (S)		VS – VO
Preço da soja (R$/60kg)	55,00		55,00		0,00
Multiplicador do cons. interm. (CI) da soja	1,00		1,00		0,00
Renda da terra para soja (R$/ha)	0,00		0,00		
Tipo	CI/produção	VAB/ha	CI/ produção	VAB/ha	VAB S - VAB VO
Soja familiar grãos (R$)	16,05	1.947,43	16,05	1.947,43	0,00
Soja familiar leite grãos (R$)	9,76	2.261,79	9,76	2.261,79	0,00
Soja patronal grãos leite a pasto (R$)	13,52	2.489,04	13,52	2.489,04	0,00
Soja familiar leite grãos suínos (R$)	38,58	656,91	38,58	656,91	0,00
Soja familiar grãos suínos (R$)	20,69	1.715,37	20,69	1.715,37	0,00
Preço leite (R$/litro)	0,98		0,98		0,00
Multiplicador do cons. interm. (CI) do leite	1,00		1,00		0,00
Renda da terra para leite (R$/ha)	0,00		0,00		
	CI/produção	VAB/ha	CI/ produção	VAB/ha	VAB S - VAB VO
Familiar leite a pasto (R$)	0,42	4.003,54	0,42	4.003,54	0,00
Pluriativo fam. leite pastoreio rotativo (R$)	0,25	9.606,16	0,25	9.606,16	0,00
Familiar leite intensivo (R$)	0,31	10.426,44	0,31	10.426,44	0,00
Leite familiar leite grãos (R$)	0,45	5.358,87	0,45	5.358,87	0,00
Leite patronal grãos leite a pasto (R$)	0,23	4.885,59	0,23	4.885,59	0,00
Leite familiar leite grãos suínos (R$)	0,49	1.570,23	0,49	1.570,23	0,00

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 6 que a solução do modelo, quando formulado com os coeficientes calculados a partir dos resultados econômicos dos sistemas de produção, evidentemente, fornece os mesmos preços dos produtos que geraram tais resultados. Em outras palavras, nestas condições o modelo é tautológico, apresentando solução múltipla. Isto é evidenciado pelo fato dos sistemas de cultura, no caso da soja, e de criação,

no caso do leite, de todos os tipos figurarem na solução como técnicas eficientes, isto é, as que maximizam o resultado da função objetivo apresentada na expressão (35), como indica a diferença nula entre o valor agregado original e o da solução para todas os sistemas, conforme mostra a última coluna à direita da tabela 6.

Uma primeira simulação foi realizada para analisar o efeito de um aumento do consumo intermediário sobre os preços da soja e do leite, a eficiência das técnicas e o valor agregado bruto por hectare. Nessa simulação foi considerado um aumento de 100% do valor do consumo intermediário dos dois produtos, para todos os tipos de agricultor. Os resultados desta simulação são mostrados na tabela 7. Nesta tabela observa-se que o aumento do consumo intermediário de 100%, considerando o conjunto das técnicas disponíveis, gerou um aumento do preço da soja de R$ 9,76, ou seja, de 17,75%. Este aumento é o mesmo que seria obtido no caso da imposição de uma limitação ao uso de insumos, a qual geraria uma renda que se incorporaria aos seus preços, repercutindo, assim, no preço do produto.

Tabela 7: Solução do modelo com aumento de 100% do preço dos insumos químicos.

	Valores originais (VO)		Solução (S)		VS – VO
Preço da soja (R$/60kg)	55,00		64,76		9,76
Multiplicador do cons. interm. (CI) da soja	1,00		2,00		1,00
Renda da terra para soja (R$/ha)	0,00		0,00		
Tipo produtor de soja	CI/produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	VAB S - VAB VO
Soja familiar grãos (R$)	16,05	1.947,43	32,10	1.633,07	-314,36
Soja familiar leite grãos (R$)	9,76	2.261,79	19,53	2.261,79	0,00
Soja patronal grãos leite a pasto (R$)	13,52	2.489,04	27,03	2.263,94	-225,11
Soja familiar leite grãos suínos (R$)	38,58	656,91	77,15	-495,61	-1.152,52
Soja familiar grãos suínos (R$)	20,69	1.715,37	41,39	1.168,95	-546,42
Preço do leite (R$/litro)	0,98		1,21		0,23
Multiplicador do cons. interm. (CI) do leite	1,00		2,00		1,00
Renda da terra para leite (R$/ha)	0,00		0,00		
Tipo produtor de leite	CI/produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	VAB S - VAB VO
Familiar leite a pasto (R$)	0,42	4.003,54	0,84	2.678,50	-1.325,05
Pluriativo fam. leite pastoreio rotativo (R$)	0,25	9.606,16	0,50	9.404,51	-201,65
Familiar leite intensivo (R$)	0,31	10.426,44	0,63	9.156,14	-1.270,29
Leite familiar leite grãos (R$)	0,45	5.358,87	0,91	3.103,05	-2.255,81
Leite patronal grãos leite a pasto (R$)	0,23	4.885,59	0,47	4.885,59	0,00
Leite familiar leite grãos suínos (R$)	0,49	1.570,23	0,97	762,80	-807,43

Fonte: elaborado pelo autor

Com o sistema de preços definido na simulação, observa-se na tabela 7 que as técnicas empregas pelo tipo familiar leite grãos para a produção de soja são indicadas como eficientes. No entanto, mesmo assim, o valor agregado bruto por superfície gerado pela produção de soja por este tipo é ligeiramente inferior ao gerado pelo tipo patronal grãos leite a pasto. Provavelmente isto ocorre pelo rendimento físico por superfície superior obtido por este último tipo na produção de soja, apesar do consumo intermediário por unidade de produto deste tipo ser também superior ao do tipo familiar leite grãos. Observa-se na tabela 7 que, com o novo sistema de preços, excetuando para o tipo familiar leite grãos (no qual as técnicas aplicadas para a produção de soja são eficientes), o valor agregado bruto por hectare de soja apresenta uma queda significativa, chegando a se tornar negativo no caso do tipo familiar leite grãos suínos. Esta queda é diretamente proporcional ao valor do consumo intermediário por unidade física de soja produzida, podendo causar impactos significativos sobre a capacidade de reprodução social dos tipos. Devido a esses impactos, a queda do valor agregado provocada pelo novo sistema de preços gerado pelo modelo deve ser considerada como um aspecto importante da internalização dos custos da transição agroecológica.

No que diz respeito ao leite, observa-se na tabela 7 que o aumento de 100% do consumo intermediário, dadas as técnicas disponíveis, provocou um aumento de R$ 0,23 no preço do leite, ou seja, de 23,5%. Neste caso, observa-se na tabela 7 que as técnicas empregadas para a produção de leite pelo tipo patronal grãos leite a pasto foram apontadas como eficientes, embora gerando um valor agregado por superfície inferior ao dos tipos pluriativo familiar com pastoreio rotativo e familiar leite intensivo. Além disto, como mostrado na tabela 7, é importante observar que, com o novo sistema de preços, as técnicas empregadas pelo tipo pluriativo patronal

com pastoreio rotativo, mesmo não sendo indicadas como eficientes, passariam a gerar o maior valor agregado por superfície entre os tipos, ultrapassando as técnicas empregadas pelo tipo familiar leite intensivo em cerca de R$ 250,00 por hectare. Esses dados indicam que o novo sistema de preços seria eficiente para a promoção de uma produção de leite compatível com uma transição agroecológica de São Pedro do Butiá.

No entanto, como já discutido no caso da produção de soja, observa-se na tabela 7 que, com exceção do tipo patronal grãos leite (no qual as técnicas aplicadas para a produção de leite são eficientes), o novo sistema de preços provocou uma queda do valor agregado bruto por superfície dedicada à produção de leite. Exceto para o tipo pluriativo familiar leite pastoreio rotativo, essas quedas são elevadas e, provavelmente, comprometeriam a capacidade de reprodução social no caso dos tipos familiar leite a pasto e familiar leite grãos.

Como o sistema com pastoreio rotativo produz menos leite por superfície, a sua generalização poderia provocar um aumento da escassez de terra. Para analisar esta questão foi realizada nova simulação na qual a superfície de terra foi moderadamente diminuída, com o coeficiente da expressão (34) relativo à renda da terra gerada pela sua escassez provocada pela produção de leite (variável *rtl*) passando de 110 para 100. No caso da produção de soja, a diminuição da área que poderia ser explorada com esta cultura resultou na impossibilidade de obter uma solução factível. Isto pode ser explicado pelo fato das técnicas empregadas pelo tipo familiar leite grãos serem as que produzem mais por superfície dentre as que podem ser eficientes. Por esta razão, apenas a área de terra que empregada para a produção de leite foi alterada. Os resultados dessa simulação são mostrados na tabela 8.

Tabela 8: Solução do modelo com 100% de aumento do preço dos insumos químicos e escassez moderada de terra para a produção de leite

	Valores originais (VO)		Solução (S)		
Preço da soja (R$/60kg)	55,00		64,76		9,76
Multiplicador do cons. interm. (CI) da soja	1,00		2,00		1,00
Renda da terra para soja (R$/ha)	0,00		0,00		0,00
Tipo produtor de soja	CI/produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	(VAB+renda) /ha
Soja familiar grãos (R$)	16,05	1.947,43	32,10	1.633,07	1.633,07
Soja familiar leite grãos (R$)	9,76	2.261,79	19,53	2.261,79	2.261,79
Soja patronal grãos leite a pasto (R$)	13,52	2.489,04	27,03	2.263,94	2.263,94
Soja familiar leite grãos suínos (R$)	38,58	656,91	77,15	-495,61	-495,61
Soja familiar grãos suínos (R$)	20,69	1.715,37	41,39	1.168,95	1.168,95
Preço leite (R$/litro)	0,98		1,24		0,26
Multiplicador do cons. interm. (CI) do leite	1,00		2,00		1,00
Renda da terra para leite (R$/ha)	0,00		0,20		0,20
Tipo produtor de leite	CI/produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	(VAB+renda) /ha
Familiar leite a pasto (R$)	0,42	4.003,54	0,84	2.696,65	2.896,80
Pluriativo fam. leite pastoreio rotativo (R$)	0,25	9.606,16	0,50	9.606,16	9.806,31
Familiar leite intensivo (R$)	0,31	10.426,44	0,63	9.435,18	9.635,33
Leite familiar leite grãos (R$)	0,45	5.358,87	0,91	3.214,86	3.415,01
Leite patronal grãos leite a pasto (R$)	0,23	4.885,59	0,47	4.885,59	5.085,74
Leite familiar leite grãos suínos (R$)	0,49	1.570,23	0,97	660,05	860,20

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 8 que o preço do leite foi elevado para R$ 1,24, três centavos a mais do que o da simulação anterior (com o consumo intermediário não tendo sido alterado). Este aumento ocorreu devido ao surgimento da renda gerada pela escassez de terra para a produção de leite. É interessante salientar que a formação de rendas diferenciais ocorre devido ao deslocamento de uma técnica que apresenta maior produção por unidade de meios de produção por outra técnica menos produtiva devido à escassez de recursos naturais ou pela existência de condições de produção que impedem a adoção da técnica mais produtiva.

No caso estudado a renda foi gerada pelo fato das técnicas empregadas pelo tipo pluriativo com pastoreio rotativo serem agora apontadas como eficientes. Isto pode ser constatado observando na tabela 8 que o valor agregado por superfície do tipo pluriativo com pastoreio rotativo ser o mesmo que o valor original. No entanto, é importante observar que, com a escassez de terra para leite, uma renda é adicionada ao valor agregado, como mostra a última coluna à direita na tabela 8. Embora isto amenize

as quedas do valor agregado bruto do leite para os tipos que empregam técnicas não eficientes, essas quedas ainda são elevadas.

Com a escassez de terras para leite, a diferença do valor agregado por superfície gerado pelo tipo pluriativo com pastoreio rotativo em relação ao gerado pelo tipo familiar leite intensivo diminuiu, sendo agora de apenas R$ 170,98 contra R$ 248,37 na simulação anterior, na qual a terra foi considerada abundante. Esta diferença se mantêm quando o valor agregado gerado por esses tipos é acrescido da renda.

Simulações posteriores com uma diminuição acentuada da superfície de terra para a produção de leite (coeficiente da variável *rtl* <= 54,7) fizeram com que as técnicas empregadas pelo tipo familiar leite intensivo passassem a ser indicadas como eficientes, o que fez com que o valor agregado bruto por hectare deste tipo passasse a ser superior aos demais, inclusive ao do tipo pluriativo familiar com pastoreio rotativo. Isto é explicado pelo fato do preço do leite ter se elevado a R$ 1,64/litro, enquanto que, nesta simulação o aumento do consumo intermediário por produto foi mantido em 100% em relação ao valor original (como na simulação anterior). Por outro lado, é interessante observar que nesta simulação as técnicas empregadas pelo tipo pluriativo pastoreio rotativo continuaram a ser apontadas como eficiente.

Em geral, considera-se que a transição agroecológica deve ser associada a um aumento da renda dos agricultores nela implicados, especialmente no que diz respeito aos agricultores familiares. Esta política pode ser analisada por meio do modelo aqui proposto. Em primeiro lugar, o coeficiente do lado direito da expressão que exprime o valor agregado por unidade de produto do tipo beneficiado deve ser acrescido de um valor considerado suficiente para que sua renda atinja o nível desejado. No entanto, este procedimento, ao provocar apenas um aumento do preço do produto, pode aumentar mais o valor agregado pelos sistemas intensivos

em uso de insumos do que o dos tipos adequados para a transição agroecológica (conforme mostra a figura 2, cujos resultados foram discutidos anteriormente). Assim, além da atribuição de um valor agregado bruto maior ao tipo desejado se deve também aumentar o valor monetário do consumo intermediário. É importante salientar que estas medidas só terão efeito se as técnicas empregadas pelo tipo que se quer aumentar o resultado econômico forem apontadas pelo modelo como eficientes.

Para ilustrar uma política desse tipo foi realizada uma simulação na qual foi atribuído um aumento de 10% no valor agregado bruto pelo leite do tipo pluriativo familiar pastoreio rotativo, assim como para o valor agregado bruto pela soja do tipo familiar leite grãos. Salientamos que este aumento do valor agregado bruto, na verdade corresponde a uma renda como, por exemplo, a que seria gerada pela escassez de um recurso natural. Além desse aumento do valor agregado bruto, foi fixado um aumento de 200% do consumo intermediário dos tipos em relação aos seus valores originais (o qual também corresponderia a uma renda). Os resultados são mostrados na tabela 9.

Conforme mostra a tabela 9, o valor agregado bruto pela soja do tipo familiar leite grãos é superior ao da produção de soja dos demais tipos, contrariamente ao observado nas simulações anteriores. Neste caso, como a terra para a produção de soja não foi considerada escassa, não há renda da terra. No caso da produção de leite, observa-se na tabela 9 um aumento significativo do valor agregado pelo leite (especialmente quando acrescido da renda da terra) do tipo pluriativo familiar com pastoreio rotativo, sendo a sua diferença em relação ao valor agregado pelo leite do tipo familiar leite intensivo ainda maior em relação às observadas anteriormente (R$ 793,60). Por outro lado, o valor agregado bruto pelo leite do tipo familiar leite intensivo também aumentou significativamente quando comparado com os demais tipos.

Os dados mostrados nas simulações, porém, levantam um problema que pode se constituir em um importante obstáculo a uma transição agroecológica. Ocorre que os sistemas de preços definidos anteriormente provocaram diminuições significativas do valor agregado pelos produtos quando as técnicas neles empregadas não são eficientes. Estas diminuições, portanto, são decorrentes da internalização dos custos da produção agroecológica relacionada à soja e ao leite.

Tabela 9: Resultados do modelo com um aumento de 10% no valor agregado bruto pelo leite do tipo pluriativo familiar pastoreio rotativo e pela soja do tipo familiar leite grãos; e um aumento de 200% do consumo intermediário

	Valores originais (VO)		Solução (S)		
Preço da soja (R$/60kg)	55,00		79,05		24,05
Multiplicador do cons. interm. (CI) da soja	1,00		3,00		2,00
Renda da terra para soja (R$/ha)	0,00		0,00		0,00
Tipo produtor de soja	CI/produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	(VAB+renda) /ha
Soja familiar grãos (R$)	16,05	1.947,43	48,15	1.544,88	1.544,88
Soja familiar leite grãos (R$)	9,76	2.261,79	29,29	2.487,97	2.487,97
Soja patronal grãos leite a pasto (R$)	13,52	2.489,04	40,55	2.310,25	2.310,25
Soja familiar leite grãos suínos (R$)	38,58	656,91	115,73	-1.467,18	-1.467,18
Soja familiar grãos suínos (R$)	20,69	1.715,37	62,08	848,71	848,71
Preço leite (R$/litro)	0,98		1,65		0,67
Multiplicador do cons. interm. (CI) do leite	1,00		3,00		2,00
Renda da terra para leite (R$/ha)	0,00		1,35		1,35
Tipo produtor de leite	CI/produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	(VAB+renda) /ha
Familiar leite a pasto (R$)	0,42	4.003,54	1,26	1.476,20	2.829,97
Pluriativo fam. leite pastoreio rotativo (R$)	0,25	9.606,16	0,75	10.566,78	11.920,55
Familiar leite intensivo (R$)	0,31	10.426,44	0,94	9.773,18	11.126,95
Leite familiar leite grãos (R$)	0,45	5.358,87	1,36	1.603,45	2.957,22
Leite patronal grãos leite a pasto (R$)	0,23	4.885,59	0,70	4.885,59	6.239,35
Leite familiar leite grãos suínos (R$)	0,49	1.570,23	1,46	-739,56	614,20

Fonte: elaborado pelo autor

Portanto, a consideração das condições técnico-econômicas para uma transição agroecológica, especialmente se considerarmos este processo do ponto de vista da equidade social, não pode se limitar a simples análise do sistema de preços. Esta análise deve incluir outros aspectos, especialmente de ordem institucional, para que a transição agroecológica possa trazer benefícios imediatos aos agricultores que empregam técnicas mais sustentáveis, sem prejudicar outros agricultores familiares. Ao contrário, é importante para que um processo de transição agroecológica seja bem sucedido que ele seja implantado progressivamente, de forma que os

agricultores com baixo nível de acumulação que atualmente empregam técnicas agressivas ao meio ambiente e à saúde humana possam adotar as técnicas mais sustentáveis.

Neste sentido, uma medida que pode se mostrar interessante seria a formação de cooperativas de agricultores em transição agroecológica, por meio das quais poderiam ser implantados projetos com taxas de juros e prazos de pagamento definidos de acordo com as condições das unidades de produção. Por meio desses projetos, os agricultores poderiam ter acesso aos recursos financeiros necessários para a adoção de técnicas compatíveis com uma transição agroecológica, de forma a poderem se beneficiar de preços mais elevados para os seus produtos na condição, porém, de adquirir os insumos na cooperativa a preços mais elevados. Além disto, a disponibilidade de crédito de custeio, a ser pago apenas depois que os agricultores entregassem seus produtos à cooperativa, evitaria que os preços mais elevados dos insumos provocassem dificuldades financeiras aos agricultores. Outra medida importante nesse sentido é a instituição de um seguro agrícola que permitiria evitar que os agricultores arcassem com os prejuízos em caso de problemas na produção. A formação dessas cooperativas, assim, permitiria evitar que outros agricultores familiares fossem prejudicados no processo de transição, podendo aderir ao mesmo progressivamente. Isto implica em medidas para que o conjunto dos agricultores tenham acesso às técnicas eficientes, como as relativas a assistência técnica e o acesso à terra, além do crédito e ao seguro agrícola, como mencionado.

Modelagem baseada nas quantidades físicas de insumos

O modelo empregado na ICTA pode ser parametrizado a partir das quantidades físicas dos meios de produção no lugar de considerar apenas os seus valores monetários, como anteriormente (lembrando que nesta formulação baseada nos valores monetários dos meios de produção podem

ser consideradas as quantidades físicas de recursos naturais limitantes, como a terra e o petróleo). Assim, enquanto a formulação do modelo baseada nos valores monetários dos meios de produção é uma forma interessante de formular modelos de grandes dimensões ou para a realização de estudos preliminares, a formulação considerando quantidades físicas de meios de produção permite uma análise mais precisa das condições técnico-econômicas para uma transição agroecológica. Para ilustrar brevemente este tipo de formulação, consideramos apenas o sistema de bovinocultura baseado no pastoreio rotativo e o sistema intensivo, praticados pelos tipos descritos anteriormente. Além disto, serão consideradas as quantidades físicas de apenas alguns insumos, sendo o restante representado por um grupo de insumos considerados a partir de seu valor monetário. É importante salientar, porém, que as quantidades físicas de todos os insumos, e até mesmo dos equipamentos, poderiam ser representadas no modelo. Evidentemente, este procedimento, ao exigir que cada insumo ou equipamento seja representado isoladamente, tende a aumentar significativamente o tamanho do modelo, podendo tornar a sua aplicação mais difícil para a análise de uma região.

Na tabela 10 são apresentados os coeficientes do modelo. Nas duas primeiras colunas encontram-se os valores considerados na definição dos tipos, a partir dos quais foram obtidos os coeficientes mostrados na terceira e quarta colunas.

Observa-se na tabela 10 que o sistema intensivo emprega uma quantidade significativamente maior de ureia do que o sistema em pastoreio rotativo, sendo que este não utiliza o glifosato. Estas diferenças devem-se a utilização do milho silagem no sistema intensivo (não utilizado no sistema em pastoreio rotativo). Observa-se também nesta tabela que a quantidade de adubos em fórmula NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), empregados para a fertilização básica dos solos, é semelhante nos dois sistemas.

Tabela 10: Resultados da análise dos sistemas de produção utilizados para a formulação do modelo

	Sistema em pastoreio rotativo (PR)	Sistema Intensivo (SI)	Preços atuais	PR / produção	SI / produção
Produção de leite (mil litros)	52,56	352,59	980,00		
Adubos NPK (kg)	2.300,00	16.500,00	1,4	43,75951	46,79656
Uréia (kg)	1.500,00	15.740,00	1,4	28,53881	44,64108
Gligosato (litros)	0,00	78,00	22,8	0,00000	0,22122
Outros itens (R$)	R$ 7.764,15	R$ 64.259,00		R$ 147,72	R$ 182,25
VAB (R$)	38.424,65	234.364,80		731,0626	664,6950
Área (ha)	4,00	22,50		76,1035	63,8135

Fonte: elaborado pelo autor

No caso da modelagem considerando as quantidades físicas, é interessante salientar que o problema primal adquire maior relevância, na medida em que desta forma se pode explicitar melhor as relações físicas envolvidas no modelo. Assim, a partir dos coeficientes mostrados na tabela 10 foi formulado o problema primal que fornece as quantidades de insumos que permitem minimizar o custo, considerando as condições técnicas de produção e a disponibilidade de terra. No modelo foi assumida a demanda de leite como equivalente à produzida pelo tipo familiar leite intensivo. O problema primal foi formulado como,

$$\textit{Minimizar o custo total: } 731.0626pr + 665.3473si + 1.4ad + 1.4u + 2.28g + oins \tag{50}$$

Sujeito às restrições

$$\textit{Demanda de leite) } pr + si \geq 352.59 \tag{51}$$

$$\textit{Demanda de adubo NPK) } 43.75951pr + 46.79656si - ad \leq 0 \tag{52}$$

$$\textit{Demanda de ureia) } 28.53883pr + 38.571712si - u \leq 0 \tag{53}$$

$$\textit{Demanda de glifosato) } 0.22122si - g \leq 0 \tag{54}$$

$$\textit{Demanda de outros insumos (unidades monetárias) } 147.71975pr + 190.09331si - oins \leq 0 \tag{55}$$

$$\textit{Demanda de terra (hectares) } 0.0761035pr + 0.0638135si \leq 30 \tag{56}$$

onde,

pr = quantidade de leite produzida pelo sistema em pastoreio rotativo (mil litros)

si = quantidade de leite produzida pelo sistema intensivo (mil litros)

ad = adubo NPK (kg)

u = ureia (kg)

g = glifosato (litros)

oins = outros insumos (R$)

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

$$\textit{Maximizar o valor agregado bruto total: } 352.59pl - 30rt \tag{57}$$

Sujeito às restrições

$$\textit{Preço do leite nas condições do sistema em pastoreio rotativo } pl - 43.75951pa - 28.53883pu - 147.71975poins - 0.0761035rt \leq 731.0626 \tag{58}$$

$$\textit{Preço do leite nas condições do sistema intensivo } pl - 46.79656pa - 38.571712pu - 0.2212pg - 190.09331poins - 0.0638135rt \leq 665.3473 \tag{59}$$

$$\textit{Preço do adubo NPK) } pa \leq 1.4 \tag{60}$$

$$\textit{Preço da ureia) } pu \leq 1.4 \tag{61}$$

$$\textit{Preço do glifosato) } pg \leq 22.8 \tag{62}$$

$$\textit{Valor monetário relativo dos outros insumos) } poins \leq 1 \tag{63}$$

Onde,

pl = preço do leite

pa = preço do adubo NPK

pu = preço da ureia

pg = preço do glifosato

poins = valor monetário dos outros insumos (representado como uma unidade, pois já consta na função a ser maximizada)

No que diz respeito às relações entre os problemas primal e dual, salientamos que o valor total do custo é igual ao valor agregado total, quando as técnicas eficientes são aplicadas, ou seja,

$$\begin{aligned} &\textit{Minimizar}\ 731.0626pr + 665.3473si + 1.4ad + 1.4u + 2.28g + oins \\ &= \textit{Maximizar}\ 352.59pl - 30rt \end{aligned} \tag{64}$$

A modelagem em quantidades físicas permite que o aumento dos preços seja atribuído prioritariamente aos insumos mais agressivos ao ambiente, assim como os que provocam maiores impactos sobre as técnicas a serem desestimuladas. Isto torna possível definir preços que permitam um aumento do valor agregado pelos sistemas de produção compatíveis com a transição agroecológica almejada.

Neste sentido, foi realizada uma simulação com um aumento do preço do adubo NPK de 50%, da ureia de 600% e do glifosato de 200%, assim como um aumento de 10% do valor agregado pelo sistema em pastoreio rotativo. Os resultados desta simulação são mostrados na tabela 11.

Tabela 11: Resultados obtidos com o modelo com aumento do preço da ureia e do glifosato

	Valores originais		Simulação	
	Pastoreio Rotativo	Sistema Intensivo	Pastoreio Rotativo	Sistema Intensivo
Produção	52.560,00	352.590,00	52.560,00	352.590,00
Preço leite (R$/litro)	0,98	0,98	1,32	1,32
Preço adubo (R$/kg)	1,40	1,40	2,10	2,10
Preço ureia (R$/kg)	1,40	1,40	9,80	9,80
Preço glifosato (R$/litro)	2,28	2,28	6,84	6,84
Outros (R$)	7.764,15	67.025,00	7.764,15	67.025,00
Área (ha)	4	22,5	4	22,5
Adubo (kg)	2.300,00	16.500,00	2.300,00	16.500,00
Ureia (kg)	1.500,00	13.600,00	1.500,00	13.600,00
Glifosato (litros)	0,00	78,00	0,00	78,00
PB (R$)	51.508,80	345.538,20	69.561,26	466.640,15
CI (R$)	13.084,15	109.342,84	27.294,15	235.488,52
VAB (R$)	38.424,65	236.195,36	42.267,11	231.151,63
VAB/ha (R$/ha)	9.606,16	10.497,57	10.566,78	10.273,41

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 11 que o valor agregado bruto por hectare do sistema intensivo com o novo sistema de preços é menor do que o da situação anterior. Isto indica que as técnicas empregadas neste sistema não seriam mais eficientes. Tal não é o caso do sistema em pastoreio rotativo, para o qual o aumento do valor agregado bruto acrescido de 10% em relação ao valor original foi atingido, conforme mostra a tabela 11. Disto resultou uma agregação de valor maior pelo sistema em pastoreio rotativo do que pelo sistema intensivo.

Conclusão

Os resultados obtidos neste capítulo indicam que a integração da ICTA à ADSA não apresenta dificuldades corroborando, assim, as conclusões do primeiro capítulo. Além disto, de um ponto de vista da promoção da sustentabilidade da agricultura, a integração da ICTA à ADSA aplicada no município de São Pedro do Butiá traz elementos importantes para a reflexão sobre uma transição agroecológica.

Em primeiro lugar, ela revela que uma transição agroecológica, no estado atual da agricultura no município, se constitui em um processo que deve ser planejado com precisão, especialmente no que diz respeito à implantação de políticas de preços. De fato, a simples atribuição de preços mais elevados aos produtos na tentativa de melhorar as condições de reprodução social dos tipos cujos sistemas de produção são mais compatíveis com uma transição agroecológica poderia estimular ainda mais os sistemas que empregam mais insumos químicos. Tal medida, assim, teria um efeito negativo sobre a transição agroecológica.

Em segundo lugar, a ICTA integrada à ADSA de São Pedro do Butiá mostra a existência de sérios obstáculos a transição agroecológica neste município. Tais obstáculos decorrem, provavelmente, do nível relativamente avançado de acumulação de meios de produção observado na

agricultura do município, a qual, mesmo sendo composta em sua maior parte por agricultores familiares, encontra-se plenamente integrada na Segunda Revolução Agrícola Capitalista.

A análise da formação histórica da agricultura do município mostrou que o seu desenvolvimento é bastante desigual, o que gerou uma diversidade de sistemas de produção cuja capacidade de assegurar a reprodução social dos agricultores é bastante heterogênea. No entanto, os resultados obtidos pela integração da ICTA à ADSA mostram que a simples exploração dessa diversidade, quando expressada pelos agricultores mais típicos, não foi suficiente para detectar sistemas de produção que poderiam suportar um amplo processo de transição agroecológica.

Neste sentido, no caso da produção de leite, as condições muito específicas na qual foi identificado o sistema baseado em pastoreio rotativo recomenda prudência em considerá-lo como capaz de fornecer bases técnicas suficientes para uma transição agroecológica. O caso da produção de soja é ainda mais problemático. Provavelmente porque foram considerados apenas os agricultores mais típicos do município, os sistemas de cultura da soja observados mostraram-se pouco propícios para desencadear um processo de transição agroecológica.

Evidentemente, esses resultados não podem ser extrapolados para outras regiões. Neste sentido, eles revelam a necessidade de mais estudos para a identificação e o desenvolvimento de sistemas de produção que possam servir de base para uma transição agroecológica. E que, para tanto, métodos objetivos e precisos de análise, como o proposto neste texto por meio da integração da ICTA à ADSA, podem se mostrar de grande relevância.

Por outro lado, por meio da aplicação da ICTA observou-se que aumentos acentuados do valor do consumo intermediário, o qual é, em boa

parte, composto pelo valor dos insumos químicos, provocou aumentos relativamente moderados dos preços dos produtos agropecuários. Por exemplo, um aumento de 100% do consumo intermediário da soja provocou um aumento de 17,5% do seu preço. No caso do leite, este mesmo aumento de 100% do consumo intermediário provocou um aumento de 23,5% no seu preço. Quando o aumento do valor do consumo intermediário foi de 200%, e acompanhado por um aumento de 10% do valor agregado bruto dos produtos, considerado como necessário para melhorar a capacidade de reprodução social dos agricultores, o resultado foi um aumento de 44,5% no preço da soja e de 65,3% no preço do leite. Assim, se os resultados obtidos neste capítulo fossem aplicados para a definição de um sistema de preços para estimular a transição agroecológica, eles implicariam em significativas receitas auferidas pelo Estado por meio da cobrança de impostos sobre os insumos químicos, a qual poderia ser realizada para aumentar os seus preços. Descontadas as receitas proporcionadas pelos impostos sobre os insumos, a necessidade de subsídios para aumentar os preços pagos aos agricultores pelos seus produtos seria limitada.

Enfim, é importante salientar que os resultados discutidos neste capítulo mostram que o estabelecimento de um sistema de preços, ao mesmo tempo em que pode favorecer os tipos de agricultores com sistemas de produção mais compatíveis com uma transição agroecológica, pode também tornar ainda mais difíceis as condições econômicas dos tipos de agricultores que possuem rendas pouco compatíveis com a sua reprodução social. Por esta razão foi apontada a necessidade de uma implantação seletiva desse sistema de preços. Como discutido anteriormente neste capítulo, uma medida interessante poderia ser a formação de cooperativas por meio das quais os agricultores poderiam se engajar em um processo

de transição agroecológica de acordo com as características dos seus sistemas de produção, beneficiando-se de preços mais elevados para os seus produtos na condição de adquirir os insumos na cooperativa a preços mais elevados.

3

Segundo exemplo de aplicação: município de Cândido Godói

Introdução

Em 2005 foi realizada uma ADSA no município de Cândido Godói no quadro de um estágio de fim de curso de uma turma de Agronomia da UNIJUI - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.[36] Neste capítulo será realizada uma aplicação da ICTA a partir dos resultados dessa ADSA. Uma síntese dessa análise é realizada na seção seguinte.

A agricultura de Cândido Godói

O município de Cândido Godói está localizado na região noroeste do Rio Grande do Sul, tendo sido criado em 1963. O município possui 246 quilômetros quadrados e encontra-se a cerca de 320 metros de altitude. A população atual, conforme o Censo de 2010[37] é de 6.535 habitantes. Residem na zona urbana 1.846 habitantes (28,5%) e 4.689 (71,5%) na zona rural do município. A agricultura responde por cerca de 40% do seu valor adicionado[38]. O Índice de Desenvolvimento Humano de Cândido Godói em 2008 era de 0,791 (alto).

O território pertencente ao município de Cândido Godói sofreu consideráveis transformações na paisagem no decorrer do tempo, o que

36 GUBERT, E. et. al. **Análise-Diagnóstico dos Sistemas Agrários do município de Cândido Godói.** Relatório de estágio obrigatório. UNIJUI, 2005.

37 Censo Populacional 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

38 https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-candido-godoi.html

permite caracterizar duas regiões distintas do ponto de vista da problemática do desenvolvimento agrícola da região. Esta caracterização foi realizada através da leitura da paisagem, a qual leva em consideração indicadores ecológicos, técnicos e socioeconômicos, tais como: tipo de solo, relevo, hidrografia, vegetação nativa e cultivada, culturas e criações, infraestrutura, densidade demográfica, etc. As microrregiões identificadas são descritas a seguir.

Microrregião 1: Região da antiga mata, relevo pouco ondulado, de agricultura com maior disponibilidade de meios de produção e intensiva

Esta microrregião é originária de áreas de mata nativa, onde atualmente restam poucos capões de mato. O relevo é levemente ondulado (coxilhas), o que permite que a agricultura dessa região seja completamente mecanizada. O solo predominante é o latossolo vermelho, argiloso e profundo. Também possui uma hidrografia bem distribuída sendo esta composta por córregos e arroios. Nesta região predomina o cultivo de soja no verão, com uma área limitada de girassol e algumas lavouras de milho para alimentação animal (gado leiteiro e suínos). No período de inverno as culturas predominantes são: trigo e pastagens de aveia e azevém consorciados, assim como de forrageiras perenes, como o tifton.

A principal atividade econômica da microrregião é a produção de grãos (soja e trigo), seguida pela atividade leiteira, cujo rebanho é composto por raças bem definidas, porém num pequeno número de propriedades, e pela criação de suínos (ciclo completo e terminação). Na microrregião existem núcleos populacionais secundários com boa infraestruturada, boas estradas, presença de energia elétrica e telefone. As casas, galpões, silos e armazéns se encontram em boas condições. Apesar de alguns serem antigos, estão bem conservados. As propriedades dessa microrregião possuem predominantemente tração mecanizada completa.

A densidade demográfica é baixa, sendo que as casas se encontram distantes uma das outras, apresentando, portanto, uma paisagem típica de grandes propriedades.

Microrregião 2: Região da antiga mata, relevo mais acidentado, de agricultura com baixa disponibilidade de meios de produção

Assim como a microrregião anterior, esta também é originária de áreas de mata nativa, mas o relevo apresenta-se acidentado, dificultando o uso da mecanização, principalmente próximo ao rio Amandaú. O solo predominante é raso, leve, com afloramentos de rochas, porém nas baixadas o solo é mais escuro e pesado. As categorias de solos desta microrregião exigem práticas intensivas de conservação, sendo por isto recomendados para fruticultura, silvicultura e pastagens. A hidrografia é composta por muitos lajeados e o rio Amandaú, sendo bem distribuída. Com relação à vegetação, há forte presença de matas secundárias e áreas de eucaliptos para reflorestamento.

As atividades de maior importância econômica para as unidades de produção desta microrregião são grãos, gado leiteiro e gado de corte. Os rebanhos são mistos, com forte influência da raça zebuína. Para a alimentação dos animais, além do milho também é usado cana e pasto elefante. A tração animal é empregada pela maioria dos agricultores dessa microrregião para desenvolver suas atividades, assim como o trabalho manual realizado pelas pessoas da família. Há poucos núcleos populacionais secundários, os quais possuem pouca infraestrutura. O comércio não é tão expressivo como na região anterior, observando-se muitos que estão abandonados. A densidade demográfica aparentemente é alta, e o grande número de cemitérios existentes indica que esta devia ser ainda mais expressiva. Observa-se maior densidade de propriedades, o que indica que sua área média é menor comparada com a da outra microrregião do município. As instalações das propriedades se encontram muitas vezes em

condições precárias, com casas velhas, estando muitas delas abandonadas, o que evidencia a ocorrência de êxodo rural.

A formação histórica da agricultura do município

A partir do zoneamento foi analisada a formação histórica da agricultura do município. Como já mencionado, as duas microrregiões são originárias de regiões da antiga mata. No entanto, as transformações históricas da agricultura ocorreram de forma distinta entre as mesmas, fundamentalmente em função das condições ecológicas e de acumulação de meios de produção, as quais determinaram o acesso à mecanização e a insumos de origem industrial, em geral por meio do crédito.

Até 1910, a região foi habitada pelos índios do grupo dos Guaranis e subgrupo dos Tapes que praticavam a agricultura de derrubada e queimada. A partir desta data começou a sua colonização com a chegada de russos, poloneses, espanhóis, alemães e posteriormente outros colonos vindos das regiões de Santa Cruz e Sobradinho e outros municípios das Colônias Velhas[39]. Nesta época começaram os processos de derrubada da mata e ocupação das terras para a produção de feijão, mandioca e milho, desencadeando o início do processo de desenvolvimento da agricultura da região.

A reposição da fertilidade do solo praticada no sistema indígena de derrubada e queimada foi adotada pelos colonos, o que exigia que as terras permanecessem em repouso por um determinado tempo até recompor sua fertilidade. Esta prática de reposição da fertilidade permaneceu até por volta dos anos 70, juntamente com o trabalho realizado com tração animal. Até então, a principal atividade comercial da agricultura do município era

39 SILVA NETO, B. (Org.); BASSO, David (Org.). **Sistemas Agrários do Rio Grande do Sul. Análise e Recomendações de Políticas**. Ijuí: Editora UNIJUI, 2015, p. 99-114.

a criação de suínos para a fabricação de banha, sendo esta fabricação muitas vezes realizada artesanalmente pelos próprios agricultores.

A partir dos anos 70 ocorre a adoção de máquinas, equipamentos e insumos de origem industrial. Esses meios de produção permitiram aumentar a área cultivada com soja e trigo com destino à comercialização. Porém esse processo ocorreu de forma desigual. Os agricultores que possuíam áreas maiores e propícias à mecanização, o que permitia o pagamento das máquinas e equipamentos financiados, conseguiram acumular mais meios de produção e adotar insumos químicos; por outro lado, os agricultores com áreas menores e pouco propícias à mecanização não conseguiram acessar linhas de crédito para aquisição de máquinas, já que suas explorações não garantiam condições para o seu pagamento. Neste novo sistema, que permanece até a década de 90, inicia também a assistência técnica aos agricultores, feita pelas cooperativas locais, prefeitura e Emater, contribuindo para a adoção dos equipamentos e insumos de origem industrial pelos agricultores.

A partir dos anos 90 ocorre uma diversificação e intensificação da agricultura, principalmente por parte dos agricultores que dispunham de áreas menores, mas que conseguiram atingir certo grau de acumulação. A grande maioria desses agricultores se localiza na microrregião 1 (região da antiga mata, relevo pouco ondulado de agricultura com maior grau de acumulação), passando a produzir leite, suíno para carne (e não mais para banha), grãos (soja, trigo, milho), produtos de feira (verduras, legumes, mudas, mandioca, etc), enquanto que os agricultores da microrregião 2 (região da antiga mata, relevo mais acidentado, de agricultura descapitalizada), em geral, por falta de recursos se especializaram basicamente na produção de grãos, apesar das áreas limitadas das suas unidades de produção. A chegada do plantio direto neste período impulsionou ainda mais a produção de grãos, especialmente na microrregião 1.

Tipos de agricultores do município

As transformações ocorridas ao longo do processo de formação histórica da agricultura de Candido Godói promoveram certa diferenciação entre os agricultores, originando a diversidade dos sistemas de produção observada atualmente. Para a análise dessa diversidade os agricultores foram agrupados em tipos, de acordo com sua a categoria social e os seus sistemas de produção.

Primeiramente os agricultores foram estratificados segundo as relações de produção (patronais, familiares e assalariados), de propriedade (arrendatários, meeiros, proprietários, etc) e de troca (relação com o mercado) que mantêm. Em seguida foram agrupados de acordo com os sistemas de produção que desenvolvem, ou seja, os meios de produção disponíveis, as atividades agropecuárias realizadas na unidade de produção e suas combinações. Os agricultores identificados foram caracterizados em três categorias sociais (patronais, familiares e minifundiários), em dez tipos de sistema de produção e um caso específico de agricultor não muito comum no município, os hortigranjeiros. O nome dos tipos é composto pela sua categoria social, pelo grau de mecanização (TMC sendo mecanização completa e TMI, incompleta) e pelas principais atividades do sistema de produção. No que diz respeito à produção de suínos, "cc" indica ciclo completo que, assim como a especialização na terminação de animais para o abate, se constitui no sistema de criação mais típico do município.

A partir da análise dos sistemas de produção foram elaborados modelos lineares globais que mostram a relação entre a renda agrícola por unidade de trabalho familiar (RA/UTF) e a superfície agrícola útil da unidade de produção, também por unidade de trabalho familiar (SAU/UTF). Uma unidade de trabalho familiar (UTF) corresponde a 1.500 horas por ano, considerando a capacidade de trabalho de um adulto. Esses modelos

globais foram aplicados à avaliação da capacidade de reprodução social dos tipos, na medida em que permitem determinar a superfície mínima necessária para estes atingirem um nível de renda compatível com a sua reprodução social, estabelecido como equivalente ao salário mínimo da época (R$ 3.380,00 anuais). A aplicação dos modelos para a análise da capacidade de reprodução dos tipos patronais é mostrada na figura 4.

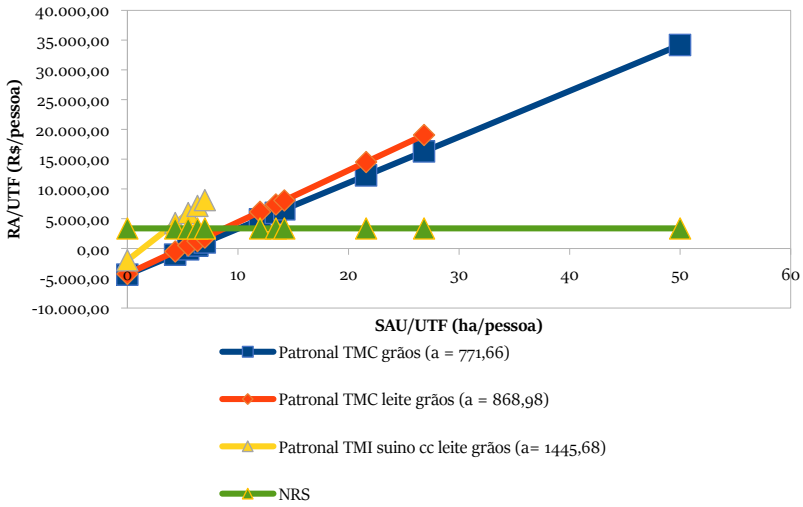


Figura 4: Capacidade de reprodução social dos tipos de agricultor patronais de Cândido Godói

Observa-se na figura 4 que todos os tipos patronais encontram-se bem acima do nível de renda considerado necessário para a reprodução social do tipos. É importante salientar, porém, que este nível de renda foi adotado apenas para a comparação dos tipos, na medida em que, provavelmente, ele seria insuficiente para assegurar a sucessão dos tipos patronais, cujo custo de oportunidade do tempo de trabalho é superior ao dos tipos familiares (sobretudo os com menor acumulação de meios de produção).

Na figura 5 é mostrada a capacidade de reprodução social dos tipos familiares. Observa-se nesta figura que apenas o tipo Minifúndio não obtém uma renda por unidade de trabalho familiar de um salário mínimo anual, considerada necessária para a reprodução social dos tipos em geral.

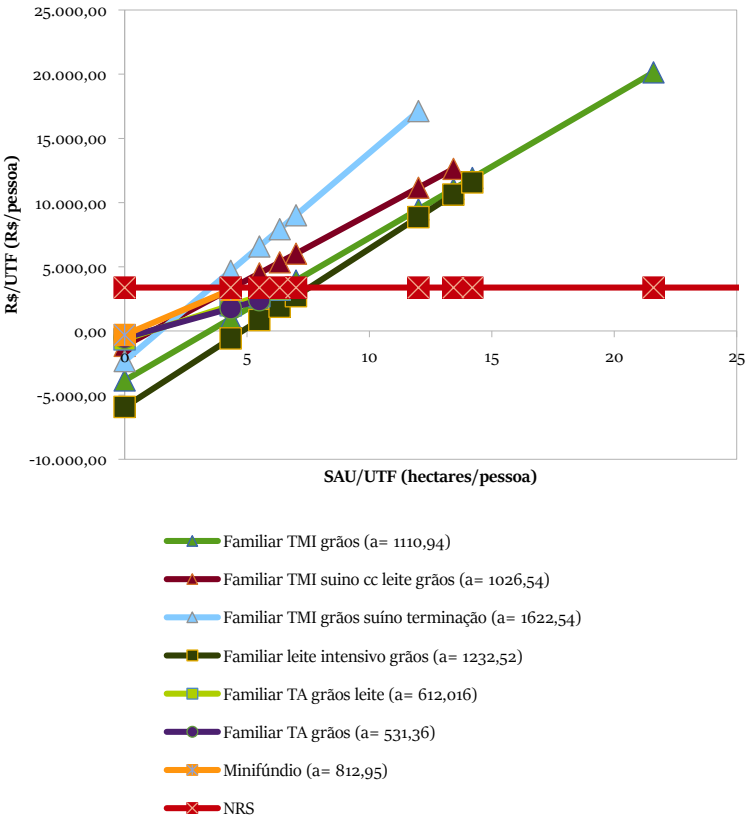


Figura 5: Capacidade de reprodução social dos tipos de agricultores familiares de Cândido Godói

A aplicação da ICTA

No presente estudo, a ICTA foi aplicada para a análise das produções de soja e de leite, as principais atividades agropecuárias do município. De fato, a soja é cultivada por todos os tipos, enquanto que o leite é produzido por cinco dos dez tripos. A produção física e o valor agregado bruto, ambos

por área, são mostrados na tabela 12. Observa-se nesta tabela que, no caso da soja, o tipo familiar TMI grãos apresenta produção física e valor agregado bruto por área superiores aos demais tipos. No caso do leite, observa-se na tabela 12 que os sistemas de criação dos tipos patronal TMC leite grãos e familiar leite intensivo grãos, agregam mais valor bruto por área do que o sistema de criação do tipo do patronal TMI suíno ciclo completo leite grãos, embora apresentem produção física por área inferiores. Observa-se também na tabela 12 que o tipo familiar leite intensivo grãos apresenta produção e valor agregado bruto por área pouco inferiores ao do tipo patronal TMC leite grãos. Estes dados indicam que os tipos TMI suíno ciclo completo leite grãos e familiar leite intensivo grãos apresentem uma eficiência maior no uso de insumos para a produção de leite.

Tabela 12: Produção física e o valor agregado bruto por área dos sistemas de produção dos tipos de agricultores de Cândido Godói

Tipo	Soja		Leite	
	Produção/ área (60 kg/ha)	VAB/ hectare	Produção/área (litros/ha)	VAB/ hectare
Patronal TMC grãos	35	646,14		
Patronal TMC leite grãos	35	788,22	9.971	1.855,27
Patronal TMI suino cc leite grãos	35	625,93	10.108	1.041,10
Familiar TMI grãos	46	998,15		
Familiar TMI suino cc leite grãos	30	562,97	5.713	161,68
Familiar TMI grãos suíno terminação	35	669,76		
Familiar leite intensivo grãos	40	934,12	8.848	1.803,08
Familiar TA grãos leite	27	508,30	4.349	511,32
Familiar TA grãos	30	530,50		
Minifúndio	25	520,50		

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados de GUBERT et. al. (2005)

A tabela 13 mostra o valor agregado bruto e o consumo intermediário por produção física.

Tabela 13: Valor agregado bruto e consumo intermediário por produção física da soja e do leite dos sistemas de produção dos tipos de Cândido Godói

Tipo	Soja			Leite		
	VAB/ produto	CI/ produto	CI/produto relativo	VAB/ produto	CI/ produto	CI/produto relativo
Patronal TMC grãos	18,4612	11,5388	1,00			
Patronal TMC leite grãos	22,5207	7,4793	0,6482	186,0721	243,93	1,00
Patronal TMI suino cc leite grãos	17,8838	12,1162	1,0500	103,0011	327,00	1,3406
Familiar TMI grãos	21,6990	8,3010	0,7194			
Familiar TMI suino cc leite grãos	18,7655	11,2345	0,9736	28,3005	401,70	1,6468
Familiar TMI grãos suíno terminação	19,1359	10,8641	0,9415			
Familiar leite intensivo grãos	23,3531	6,6469	0,5761	203,7725	226,23	0,9244
Familiar TA grãos leite	18,8259	11,1741	0,9684	117,5734	312,43	1,2808
Familiar TA grãos	17,6833	12,3167	1,0674			
Minifúndio	20,8200	9,1800	0,7956			

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados de GUBERT et. al. (2005)

Observa-se na tabela 13 que o tipo familiar leite intensivo grãos é o que apresenta o menor consumo intermediário por produto em ambas as atividades seguido, também em ambas as atividades, pelo tipo patronal TMC leite grãos. Esses resultados corroboram a hipótese, enunciada a partir da análise dos dados relativos à produção física e ao valor agregado por unidade de área, apresentados na tabela 12, de que esses tipos são os que utilizam os insumos de forma mais eficiente.

A partir dos resultados apresentados na tabela 13 foi elaborado o modelo para a realização de simulações. O problema primal, que minimiza o custo total dos produtos, foi formulado como,

$$\textit{Minimizar o custo total } custosoja + custoleite \tag{65}$$

Sujeito às restrições

Custo total da soja

$$18.4612sptmcg + 22.5207sptmslg + 17.884sptmiscclg + 21.699sftmig + 21.699sftmig + 18.76551sftmiscclg + 19.1359sftmigst + 23.35306sfli + 18.82593sftagl + 17.68333sftag + 20.82sm + 11.5388cis - custosoja = 0 \quad (66)$$

Consumo intermediário da soja

$$sptmcg + 648.2sptmslg + 1050sptmiscclg + 719.4sftmig + 973.6sftmiscclg + 941.5sftmigst + 576.1sfli + 968.4sftagl + 1067.4sftag + 795.6sm - cis \leq 0 \quad (67)$$

Demanda de soja (sacos de 60 kg)

$$sptmcg + sptmslg + sptmiscclg + sftmig + sftmiscclg + sftmigst + sfli + sftagl + sftag + sm \geq 1000 \quad (68)$$

Custo total do leite

$$186.07206lptmclg + 103.00112lptmiscclg + 203.77253lflig + 28.30045lftmiscclg + 117.57339lftagl + 243.93cil - custoleite = 0 \quad (69)$$

Demanda de leite (mil litros)

$$lptmclg + lptmiscclg + lftmiscclg + lflig + lftagl \geq 1000 \quad (70)$$

Consumo intermediário do leite

$$lptmclg + 1340.56lptmiscclg + 1646.8lftmiscclg + 927.44lflig + 1280.82lftagl - cil \leq 0 \quad (71)$$

Restrição de terra (mil hectares)

$$2.857sptmcg + 2.857sptmslg + 2.857sptmiscclg + 2.174sftmig + 3.3333sftmiscclg + 2.857sftmigst + 2.5sfli + 3.7037sftagl + 3.3333sftag + 4sm + 10.029lptmclg + 9.893lptmiscclg + 11.3014lftmiscclg + 17.5038lflig + 22.994lftagl \leq 20000 \quad (72)$$

Onde,

sptmcg = quantidade de soja produzida pelo tipo patronal tração mecanizada completa grãos

sptmslg = quantidade de soja produzida pelo tipo patronal tração mecanizada

sptmiscclg = quantidade de soja produzida pelo tipo patronal tração mecanizada
sftmig = quantidade de soja produzida pelo tipo familiar tração mecanizada incompleta grãos
sftmigst = quantidade de soja produzida pelo tipo familiar tração mecanizada incompleta grãos suínos leite
sfli = quantidade de soja produzida pelo tipo familiar leite intensivo
sftagl = quantidade de soja produzida pelo tipo familiar tração animal grãos leite
sftag = quantidade de soja produzida pelo tipo familiar tração animal grãos
sm = quantidade de soja produzida pelo tipo minifúndio
lptmclg = leite produzido pelo tipo patronal tração mecanizada completa leite grãos
lptmiscclg = leite produzido pelo tipo patronal tração mecanizada incompleta suinos ciclo completo leite grãos
lftmiscclg = leite produzido pelo tipo familair tração mecanizada incompleta suinos ciclo completo leite grãos
lflig = leite produzido pelo tipo familiar leite intensivo
lftagl = leite produzido pelo tipo patronal tração animal leite

A partir do problema primal foi deduzido o problema dual, que define os preços dos produtos, formulado como,

Maximizar o valor agregado total $1000ps + 1000pl - 20000rt$ (73)

Sujeito às restrições

Formação do preço da soja nas condições do tipo patronal TMC grãos $ps - pcis - 2.857rt \leq 18.4612$ (74)

Formação do preço da soja nas condições do tipo patronal TMI soja leite grãos $ps - 648.2pcis - 2.857rt \leq 22.5207$ (75)

Formação do preço da soja nas condições do tipo patronal TMI soja, suino cc, leite grãos $ps - 1050pcis - 2.857rt \leq 17.884$ (76)

Formação do preço da soja nas condições do tipo familiar TMI grãos $ps - 719.4pcis - 2.174rt \leq 21.699$ (77)

Formação do preço da soja nas condições do tipo familiar TMI incompleta suíno cc leite grãos $ps - 973.6pcis - 3.3333rt \leq 18.76551$ (78)

Formação do preço da soja nas condições do tipo familiar TMI grãos suínos terminação $ps - 941.5pcis - 2.857rt \leq 19.1359$ (79)

Formação do preço da soja nas condições do tipo familiar leite intensivo $ps - 576.1pcis - 2.5rt \leq 23.35306$ (80)

Formação do preço da soja nas condições do tipo familiar TA grãos leite $ps - 968.4pcis - 3.7037rt \leq 18.82593$ (81)

Formação do preço da soja nas condições do tipo familiar TA grãos $ps - 1067.4pcis - 3.3333rt \leq 17.68333$ (82)

Formação do preço da soja nas condições do tipo minifúndio $ps - 795.6pcis - 4rt \leq 20.82$ (83)

Preço básico do consumo intermediário da soja
$pcis \leq 11.5388$ (84)

Formação do preço do leite nas condições do tipo patronal TMC leite grãos $pl - pcil - 10.029rt \leq 186.07206$ (85)

Formação do preço do leite nas condições do tipo patronal TMI suinos cc leite grãos
$pl - 1340.56pcil - 9.893rt \leq 103.00112$ (86)

Formação do preço do leite nas condições do tipo familiar TMI suínos cc leite grãos
$pl - 1646.8pcil - 17.5038rt \leq 28.30045$ (87)

Formação do preço do leite nas condições do tipo familiar leite intensivo grãos
$pl - 927.44pcil - 11.3014rt \leq 203.77253$ (88)

Formação do preço do leite familiar TA grãos leite $pl - 1280.82pcil - 22.994rt \leq 117.57339$ (89)

Preço básico do consumo intermediário do leite

$$pcil \leq 243.93 \quad (90)$$

Onde,

ps = preço da soja

pl = preço do leite

rt = renda gerada pela escassez de terra

pcis = consumo intermediário básico da soja

pcil = consumo intermediário básico do leite

Salientamos que,

$$\textit{Mínimo}\ custosoja + custoleite = \textit{Máximo}\ 1000ps + 1000pl - 20000rt \quad (91)$$

Ou seja, o custo total mínimo é igual ao total do valor agregado máximo É interessante salientar que, conforme mostra a expressão (91), as rendas são subtraídas do valor monetário total no cálculo do valor agregado. Isto significa que o custo social da transição agroecológica não inclui as rendas, as quais, de um ponto de vista econômico, seriam necessárias apenas para determinar os preços de forma a maximizar o valor agregado (preços eficientes).

Como discutido no caso de São Pedro do Butiá, analisado no capítulo anterior, o modelo parametrizado a partir dos valores obtidos dos resultados econômicos das unidades de produção fornecem, evidentemente, os mesmos preços dos produtos. Em outras palavras, o modelo é redundante (tautológico). Sendo assim ele não indica as rendas já existentes, na medida em que não é possível discriminar as rendas incorporadas nos preços observados nas unidades de produção. Assim, o modelo foi elaborado exclusivamente para analisar as consequências das mudanças dos preços dos insumos (ou das matérias-primas empregadas para a sua fabricação), assim como da escassez de recursos naturais (inclusive a terra), sobre os preços dos produtos.

Como observado na tabela 13, o tipo familiar leite intensivo grãos é o que apresenta o menor consumo intermediário por produto em ambas as atividades. Neste caso, é evidente que este tipo será indicado como eficiente com um aumento uniforme do custo do consumo intermediário de todos os tipos. Neste sentido, foi realizada uma simulação na qual o consumo intermediário (e, portanto, os preços dos elementos que o compõe) foram aumentados em apenas 10%. Os resultados são mostrados na tabela 14.

Tabela 14: Resultados obtidos com um aumento de 10% do valor do consumo intermediário da soja e do leite praticados pelos tipos de agricultores de Cândido Godói

	Valor original (VO)		Solução (S)		VS – VO
Preço da soja (R$/60kg)	30,00		31,40		1,40
Multiplicador do cons. interm. (CI) da soja	1,00		1,10		0,10
Renda da terra para soja (R$/ha)	0,00		0,00		0,00
Tipo produtor de soja	CI/ produção	VAB/ha	CI/produção	VAB/ha	VAB S - VAB VO
Patronal TMC grãos	11,54	646,14	13,96	610,19	-35,96
Soja Patronal TMC leite grãos	7,48	788,22	9,05	782,11	-6,12
Soja Patronal TMI suino cc leite grãos	12,12	625,93	14,66	585,73	-40,20
Familiar TMI grãos	8,30	998,15	10,04	982,18	-15,98
Soja Familiar TMI suino cc leite grãos	11,23	562,97	13,59	534,06	-28,90
Soja Familiar TMI grãos suíno terminação	10,86	669,76	13,15	638,76	-31,00
Soja Familiar leite intensivo grãos	6,65	934,12	8,04	934,12	0,00
Soja Familiar TA grãos leite	11,17	508,30	13,52	482,63	-25,67
Soja Familiar TA grãos	12,32	530,50	14,90	494,78	-35,72
Soja Minifúndio	9,18	520,50	11,11	507,20	-13,30
Preço leite (R$/litro)	0,43		0,48		0,05
Multiplicador do cons. interm. (CI) do leite	1,00		1,10		0,10
Renda da terra para leite (R$/ha)	0,00		0,00		0,00
Tipo produtor de leite	CI / produção	VAB/ha	CI / produção	VAB/ha	VAB S - VAB VO
Patronal TMC leite grãos	243,93	1.855,27	295,15	1.818,2	-37,06
Patronal TMI suino cc leite grãos	327,00	1.041,10	395,67	827,20	-213,90
Familiar leite intensivo grãos	226,23	1.803,08	273,74	1.803,1	0,00
Familiar TMI suino cc leite grãos	401,70	161,68	486,06	-48,84	-210,52
Familiar TA grãos leite	312,43	511,32	378,04	432,60	-78,72

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados de GUBERT et. al. (2005)

Observa-se na tabela 14 que apenas para o tipo familiar leite intensivo o valor agregado bruto por produto se manteve igual ao valor original obtido a partir do cálculo dos resultados econômicos das unidades de produção. São as técnicas empegadas pelo tipo familiar leite intensivo, portanto, que são eficientes, isto é, cuja aplicação resultaria na maximização do valor agregado (minimização do custo) no conjunto da economia,

no caso de um aumento generalizado do custo do consumo intermediário. As condições técnicas nas quais são produzidos a soja e o leite pelo tipo familiar leite intensivo, assim, são as que determinariam a formação dos preços desses produtos.

Como já mencionado a partir da observação da tabela 13, o tipo familiar leite é o que possui o menor consumo intermediário por produto dentre os tipos definidos na ADSA de Cândido Godói. Por outro lado, é interessante salientar que o nome deste tipo decorre justamente dos rendimentos físicos por animal e por área por ele conseguidos a partir do uso de quantidades relativamente elevadas de insumos químicos, alimentos concentrados e medicamentos. Os sistemas de cultura da soja e de criação de bovinos de leite praticados por este tipo não seriam, portanto, adequados a uma transição agroecológica.

O que os resultados da aplicação da ICTA mostram é que sistemas de produção adequados a uma transição agroecológica para Cândido Godói não podem ser encontrados entre os tipos mais frequentes no município. E isto mesmo entre os tipos com menor grau de acumulação de meios de produção. Embora possa parecer frustrante, este resultado não pode ser ignorado. Ele mostra que deve ser considerada com extrema prudência a hipótese de que a agricultura familiar com baixo nível de acumulação de meios de produção tenderia a praticar sistemas mais agroecológicos simplesmente pela sua dificuldade de acesso a insumos e equipamentos de origem industrial. Isto se deve ao fato da principal característica que permite que um processo produtivo possa ser considerado compatível com uma transição agroecológica é a quantidade de insumos químicos (ou outro produto indesejável) por unidade de produto, e não a quantidade empregada desses insumos em termos absolutos.

Enfim, é importante observar que o fato de não terem sido detectados sistemas de produção compatíveis com uma transição agroecológica não

possibilitou uma verdadeira internalização do seu custo. O aumento de 10% atribuído ao custo intermediário dos produtos foi realizado apenas para evidenciar que o tipo familiar leite intensivo seria apontado como eficiente, embora aplicando quantidades relativamente elevadas de insumos de origem industrial. De forma semelhante ao tipo familiar leite intensivo de São Pedro do Butiá, conforme discutido no capítulo anterior, os agricultores do tipo familiar leite intensivo grãos de Cândido Godói realizam duas safras anuais de silagem, com uso intensivo de adubos químicos (NPK e, principalmente, ureia) e de alimentos concentrados. Evidentemente, este resultado não pode ser interpretado como um custo da transição agroecológica no município.

Uma forma de contornar as dificuldades colocadas à transição agroecológica em situações como as observadas em Cândido Godói, seria a consideração na ICTA de sistemas de produção desenvolvidos em outras regiões com características semelhantes. Por exemplo, a introdução do sistema de criação de leite baseado no pastoreio rotativo observado em São Pedro do Butiá no modelo empregado em Cândido Godói poderia proporcionar resultados interessantes. No entanto, este procedimento não pode ser adotado neste trabalho devido às mudanças ocorridas no sistema de preços nos dez anos que separam a realização das ADSA's nos dois municípios. Essas mudanças no sistema de preços (relação entre os preços dos produtos e dos insumos, principalmente) impossibilitam a comparação das caraterísticas técno-econômicas dos sistemas de produção dos dois estudos. Enfim, outra forma de promover a transição agroecológica em regiões nas quais os sistemas de produção não apresentam técnicas mais sustentáveis, seria considerar alternativas desenvolvidas pela pesquisa.

Conclusão

A aplicação da ICTA para analisar os tipos de agricultores do município de Cândido Godói corrobora os resultados obtidos no caso de São Pedro do Butiá quanto a facilidade da sua integração à ADSA. Mesmo em um estudo cujos objetivos não contemplavam questões de ordem ambiental (ao contrário do caso de São Pedro do Butiá), e sem informações técnicas detalhadas dos sistemas de produção (ausentes do relatório do estudo), foi possível aplicar a ICTA. Isto mostra a versatilidade deste método.

Além disto, também no caso de Cândido Godói, é possível considerar que a aplicação da ICTA a partir da ADSA proporcionou resultados relevantes, ao evidenciar as dificuldades da implantação de uma transição agroecológica no município. Neste sentido, a concepção de que agricultores familiares em condições econômicas que lhes dificultam o acesso a insumos e equipamentos de origem industrial tenderiam a ser "naturalmente" agroecológicos não foi confirmada pelos resultados aqui apresentados. Isto implica que políticas destinadas a promoção da agricultura familiar não necessariamente convergem com a promoção da Agroecologia, pelo menos no que diz respeito aos aspectos ambientais e sanitários desta última.

Os resultados discutidos neste capítulo, no entanto, não significam que, na época da realização do estudo, este não poderia ter identificado práticas compatíveis com uma transição agroecológica em Cândido Godói. É possível que uma análise aprofundada das características técnicas, econômicas e ambientais dos sistemas de produção existentes no município revelassem a existência de tais práticas. Esta análise pode ocorrer, basicamente, por meio de três procedimentos. O primeiro, naturalmente, seria uma investigação mais detalhada dos sistemas de produção existentes no

município, além daqueles que foram estudados para a elaboração da tipologia. A segunda seria uma análise aprofundada de representantes dos próprios tipos estudados com o objetivo de testar as possibilidades dos seus sistemas se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a sua dependência de insumos e equipamentos de origem industrial. Uma ferramenta interessante para a realização dessas análises é a modelagem dos sistemas de produção por meio da programação linear. A vantagem desta ferramenta está no fato dela permitir considerar de forma explícita as restrições técnicas que se colocam ao funcionamento dos sistemas de produção.[40] Enfim, o terceiro procedimento, como discutido na seção anterior, seria a consideração de sistemas de produção compatíveis com uma transição agroecológica identificados em estudos realizados em outras regiões. Evidentemente, os três procedimentos podem ser aplicados de forma conjunta, sendo que os três exigem uma intensa interlocução com os agricultores.

40 SILVA NETO, B.; OLIVEIRA, A. de. **Modelagem e Planejamento de Sistemas de Produção Agropecuária**. Manual de aplicação da programação matemática. 1. ed. Ijuí: Editora UNIJUI, 2009.

4

Fundamentos teóricos da internalização dos custos da transição agroecológica

Introdução

Uma das características mais importantes das discussões realizadas sobre os problemas ambientais que ameaçam a sustentabilidade das sociedades contemporâneas é que elas evidenciam a necessidade da consideração dos limites físicos às atividades econômicas. Nos termos em que nos expressamos neste livro, esta questão corresponde a consideração do papel das riquezas nos processos econômicos. Neste sentido, pensamos que a abordagem da economia baseada no materialismo histórico, fundado por Marx e Engels, é um ponto de partida interessante para podermos integrar a riqueza na análise econômica. Esta integração se constitui em um aspecto importante da fundamentação teórica da ICTA, a qual é o objetivo deste capítulo. Para a integração da riqueza na análise econômica, no entanto, é necessário levar em consideração a sua natureza termodinâmica, a qual, em última instância, é a principal determinante dos limites físicos às atividades econômicas.

Uma questão que se coloca a partir do reconhecimento da especificidade da riqueza, em seu sentido físico, em relação ao valor econômico diz respeito as relações causais entre estas duas categoriais. Neste capítulo procuramos demonstrar que são as decisões fundamentais sobre a exploração, a produção e a distribuição das suas riquezas tomadas por uma sociedade que desencadeiam os processos econômicos propriamente ditos, e não o inverso, como normalmente é assumido. Isto implica que uma

transição agroecológica depende sobretudo de decisões de natureza essencialmente política sobre as riquezas, embora tais decisões devam respeitar determinadas restrições técnicas, inclusive as que dizem respeito aos recursos naturais. Mas é importante salientar que tais restrições jamais podem, por si sós, definir como uma sociedade deve se comportar em relação às suas riquezas (e muito menos como se relacionar com o seu ambiente). O objetivo principal deste capítulo é demonstrar que a ICTA permite uma análise objetiva e teoricamente fundamentada dessas restrições.

As riquezas na economia[41]

Marx estabelece uma estreita relação entre os valores de uso, que corresponde ao que denominamos aqui de riquezas, e os valores de troca, na medida em que os valores de uso se constituem na base material do trabalho humano, a partir do qual são definidos os valores de troca. Esta relação entre as riquezas materiais e o processo de trabalho é expressa claramente em um comentário de Marx, no qual ele afirma que,

> "O valor de uso, casaco, linho & c., isto é, o corpo das mercadorias, são combinações de dois elementos – matéria e trabalho. Se deixarmos de lado o trabalho útil dispendido sobre ele, sempre resta um substrato material, que é fornecido pela Natureza sem ajuda do homem. O último pode trabalhar somente mudando a forma da matéria. Além disso, neste trabalho de mudar a forma, ele é constantemente ajudado pelas forças naturais. Verificamos, então, que o trabalho não é a única fonte de riqueza material, de valores de uso produzidos pelo trabalho."[42]

41 As cinco primeiras seções deste capítulo foram escritas baseadas em SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**. Ensaios sobre riquezas, valores e preços. Curitiba: CRV, 2020, p. 45-123.

42 "The use value, coat, linen & c., i. e., the bodies of commodities, are combinations of two elements – matter and labour. If we take away the useful labour expended upon then, a material substratum is always left, which is fournished by Nature without the help of man. The latter can work only by changing the form of matter. Nay more, in this work of changing the form he is constantly helped by natural forces. We see, then, that labour is not the only source of material wealth, of use values produced by labour." MARX, K. **Capital. A critique of Political Economy**.

Podemos complementar esta citação com o fato de que as transformações da matéria no processo de trabalho envolve transformações energéticas irreversíveis. De qualquer forma, neste trecho Marx expressa claramente que as riquezas não apenas se constituem em objetos considerados úteis pelos seres humanos para serem consumidos, ou utilizados como meios de produção, mas que as riquezas materiais são elementos constitutivos do próprio trabalho, sendo dele indissociável. Além disto, os processos causais mobilizados pelos seres humanos para confeccionar os objetos anteriormente por eles concebidos em suas mentes não podem ser outros do que os processos que ocorrem na natureza, que os seres humanos aprendem a dominar e a empregar para os seus propósitos. Esses processos envolvem transformações de energia e matéria das quais o trabalho humano nada mais é do que uma das suas manifestações. Tais processos, fundamentalmente de natureza termodinâmica, são os responsáveis pela historicidade de todos os seres, se constituindo assim em um elemento ontológico essencial do ser social. Em outras palavras, se a própria Natureza não possuísse um caráter histórico, não poderia haver um ser social. Neste processo histórico, a produção realizada pelo trabalho e pela natureza apresentam-se sempre de forma associada, em um "continuum" em que as riquezas produzidas pela natureza, sem intervenção consciente dos seres humanos, é apenas um caso extremo. Mas a prioridade ontológica do ser inorgânico e biológico sobre o ser social deve ser salientada para que possamos compreender a necessária subordinação deste último em relação aos primeiros.

Georgescu-Roegen (1971), considerado como um dos fundadores da economia ecológica, foi um dos primeiros autores de destaque a analisar

---

Volume I. Nova York: International Publishers, originalmente publicado em 1867, on-line version: Marx.org. 1996, Marxists.org. 2010, p. 30.

tal subordinação, salientando a dependência da economia em relação aos sistemas naturais. No entanto, Georgescu-Roegen (1971) interpretava a segunda lei da termodinâmica de forma a-histórica, que o levava a adotar posições extremamente autoritárias. Ocorre que, segundo o materialismo histórico, se os seres humanos devem necessariamente viver sob os limites impostos pela dinâmica dos sistemas naturais, esta dinâmica também é modificada pelos seres humanos, abrindo novas possibilidades para o seu desenvolvimento.

De forma mais clara do que na obra de Georgescu Roegen[43], os trabalhos desenvolvidos por Ilya Prigogine e seus colaboradores[44] sobre as estruturas dissipativas deixam pouca margem para dúvidas sobre a pertinência da tese marxista, adotada e desenvolvida por Lukács[45], da natureza histórica de todo ser, o que nos permite uma interpretação mais coerente com o materialismo histórico das relações entre a economia e a natureza termodinâmica das riquezas.

Uma categoria científica central para compreendermos esta relação é a de entropia. A entropia corresponde a parte da energia total de um sistema que não pode gerar mudanças de temperatura, pressão ou volume (ou seja, não pode gerar "trabalho" em seu sentido físico). A entropia é intimamente associada ao grau de desordem de um sistema. Além disso, a entropia é uma grandeza física que não pode ser negativa, o que implica que um sistema termodinâmico espontaneamente tende a aumentar o seu grau de desordem. Para que um sistema termodinâmico possa se organizar, portanto, é necessário que haja um aporte exterior de energia com entropia mais baixa do que a do sistema.

---

43 GEORGESCU-ROEGEN, N. The **Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, MA: Harvard Economic Press, 1971.

44 Em boa parte sintetizados para o grande público em PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **La nouvelle alliance. Métamorphose de la science.** Paris: Ed. Gallimard, 1986.

45 LUKÁCS, **G. Ontologie de l'être social. Le travail, la reproduction**. Paris: Éd. Delga, 2011, p. 162.

A partir da entropia pode-se classificar os sistemas termodinâmicos em dissipativos e conservativos. Os sistemas dissipativos, ao contrário dos sistemas conservativos, são aqueles em que a energia livre, que pode gerar trabalho (no seu sentido físico), não é conservada. Nesses sistemas as transformações sofridas pela energia geram calor, o qual é dissipado para o meio externo. Assim, em um sistema dissipativo há geração de entropia. Como a entropia não pode ser negativa, a sua geração é um processo irreversível do que resulta que um sistema dissipativo só pode aumentar sua quantidade de energia livre obtendo-a do exterior. Na ausência de uma fonte de energia com baixa entropia (alta energia livre), os sistemas dissipativos tendem ao estado de equilíbrio termodinâmico, isto é, a um equilíbrio simultaneamente químico, térmico e mecânico. Neste estado a entropia do sistema é máxima e ele é macroscopicamente estável, ou seja, na ausência de perturbações externas não apresenta variações no seu estado global.[46]

A camada que envolve o planeta Terra onde a vida se desenvolve, a biosfera, caracteriza-se termodinamicamente como um sistema dissipativo que se mantém longe do equilíbrio.[47] Por exemplo, a atmosfera terrestre possui uma composição estatisticamente improvável, que só pode ser explicada pela presença de vida. Nas condições de pressão e temperatura vigentes, o gás oxigênio (O_2), que constitui aproximadamente 21% da atmosfera da Terra, é altamente reativo, e o gás carbônico (CO_2), que é pouco ativo quimicamente, se mantém em níveis relativamente baixos (cerca de 0,03% da atmosfera). Se a atmosfera terrestre se encontrasse no estado de equilíbrio químico, a concentração do gás oxigênio seria muito

46 GÜEMEZ, J.; FIOLHAIS, C. e FIOLHAIS, M., **Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1998, 481 pp.

47 GRIBBIN, J. **Deep simplicity: bringing order to chaos and complexity.** New York: Random House, 2004, p. 219.

mais baixa e a de gás carbônico muito mais alta. As concentrações observadas desses dois gases na atmosfera só podem ser explicadas pela manutenção de uma relação quantitativa particular entre a fotossíntese, que é realizada por vegetais e algas a partir da energia solar, liberando gás oxigênio, e a respiração (e outros processos oxidativos, como a combustão) que libera gás carbônico. Portanto, é a própria vida que é responsável por manter as condições ambientais que permitem a sua continuidade, o que caracteriza a biosfera como um sistema auto-organizado.[48]

A biosfera é um sistema dissipativo altamente heterogêneo, apresentando uma grande diversidade de subsistemas os quais são, também, sistemas dissipativos. Assim, os sistemas físico-químicos, ecológicos e sociais presentes na Terra são sistemas dissipativos. E grande parte dos sistemas dissipativos da biosfera, em especial os ecológicos e sociais, são sistemas que permanecem fora do equilíbrio, por meio de um constante aporte de energia livre, a qual é utilizada para o seu estabelecimento e manutenção, isto é, para a sua auto-organização.

Uma consequência importante dos conceitos termodinâmicos brevemente discutidos nos parágrafos anteriores é que a partir dos mesmos pode-se concluir que a geração de todas as riquezas depende de fontes de energia com baixa entropia. Os processos de auto-organização responsáveis pela constituição de materiais com energia de baixa entropia são, portanto, as fontes primárias de riqueza da sociedade. Neste sentido, em termos termodinâmicos não há riqueza natural "gratuita", isto é, toda geração de riqueza implica em uma transformação irreversível de energia.

Os seres biológicos apresentam processos de auto-organização que, embora decorrentes de processos já presentes nos seres inorgânicos, apresentam maior grau de complexidade. A característica mais marcante dos

48 Idem.

seres biológicos é a sua capacidade de se reproduzir, assim como o fato de muitos desses seres (os considerados mais evoluídos) passarem por fases bem definidas de desenvolvimento (por exemplo, nos animais tais fases podem ser descritas de forma simplificada como infância, fase adulta e senilidade). Além disso, as mudanças qualitativas que caracterizam os processos evolutivos são muito mais rápidas nos seres biológicos do que nos seres inorgânicos. O caráter histórico e evolutivo dos seres biológicos é, assim, não apenas ainda mais marcante, mas, sobretudo, qualitativamente diferente do apresentado pelos seres inorgânicos. Ao longo do seu processo de evolução, os seres biológicos se adaptam ao seu ambiente, de forma a se preservar, ou mesmo se multiplicar como espécie.

É nesta capacidade de adaptação que se encontra a origem das múltiplas diferenças entre o ser (simplesmente) biológico e o ser social. O ser social, isto é, o ser humano, adapta-se ao seu ambiente por meio de uma prática social, o trabalho, por ele realizada de forma única. É, portanto, o trabalho que distingue os seres humanos dos demais seres biológicos, proporcionando assim à Humanidade o processo evolutivo com o mais alto grau de complexidade ontológica, o que justifica a sua denominação por Lukács de "complexo de complexos".[49] Reafirmando a concepção de Marx, para Lukács o que distingue o ser social do ser simplesmente biológico é que o trabalho é realizado de forma consciente pelo ser social.[50] O processo de trabalho humano, assim, integra dois aspectos distintos. O primeiro é uma posição teleológica, ou seja, a concepção do objeto a ser produzido. O segundo é a manipulação dos processos puramente causais que possibilitam a fabricação do objeto concebido. É, portanto, no processo material e histórico de trabalho que se consuma a distinção entre sujeito e objeto pelo ser humano. Assim, de acordo com Lukács é a partir do trabalho que se

49 LUKÁCS, G. **Ontologie de l'être social. Le travail, la reproduction.** Paris: Éd. Delga, 2011, p. 273-342.

50 LUKÁCS, G. **Prolégomènes à l'ontologie de l'être social.** Paris: Éd. Delga, 2009, p. 75.

originam todas as atividades humanas, desde as mais cotidianas até as de maior nível de abstração, como a arte.[51]

De acordo com essa concepção de Lukács, a possibilidade de escolha, ou seja, certa liberdade, é inerente ao processo de trabalho e, portanto, a toda atividade econômica, da qual ele é o fundamento. Posições teleológicas e formas de manipulação dos processos causais podem ser modificadas pelo ser social sendo, no entanto, sujeitas a erros na sua concretização em produtos úteis, do que depende a sua validação como um efetivo processo de trabalho. Em outras palavras, se uma atividade pretensamente produtiva falha em objetivar-se no produto desejado, ela não é um processo de trabalho. Podendo efetivar-se somente *ex-post*, o que lhe subordina a um processo de experimentação, certa liberdade de escolha é inerente ao trabalho humano, o que implica que o mesmo é irredutível a qualquer pretenso mecanismo econômico automático.

Nas sociedades contemporâneas, esse processo de escolha, porém, não ocorre apenas no âmbito das relações entre produtores diretos de riquezas materiais e os seus objetos de trabalho. A alta divisão do trabalho que caracteriza essas sociedades complexifica os processos decisórios sobre a produção. Várias atividades profissionais, como pesquisadores, professores e técnicos em geral, dedicam-se sistematicamente a gerar e a transmitir conhecimentos sobre como dominar e aplicar aos processos de trabalho as relações causais que ocorrem na natureza. Evidentemente, os interesses de classe dos capitalistas se constituem no mais forte condicionante da decisão final sobre a aplicação desses conhecimentos.

De qualquer forma, porém, são essas escolhas que determinam as relações das sociedades com os sistemas naturais, as quais podem ou não ser compatíveis com a capacidade de renovação desses sistemas. Neste

51 Idem, também na p. 75.

sentido, não pode existir qualquer automatismo econômico que possa assegurar esta compatibilidade e, portanto, a sustentabilidade da sociedade. Isto torna evidente o equívoco das tentativas de incorporar uma "dimensão ambiental" na análise econômica para que esta suposta "dimensão" possa ser considerada no cálculo econômico e, assim, assegurar, pela sua aplicação de forma automática e inconsciente, as condições para a sustentabilidade ecológica das sociedades. Ora, as categorias empregadas pela análise econômica refletem os próprios processos de produção e repartição das riquezas na sociedade, assim como as relações sociais a partir das quais ocorrem tais processos, não podendo, assim, ser modificadas de forma arbitrária e alheia à natureza de tais processos. Neste sentido, é absurda a noção de que uma sociedade, espontaneamente, por meio da simples incorporação de categorias que revelariam uma "dimensão ambiental" nos processos econômicos, sacrificaria sua reprodução no curto prazo para assegurar as condições para a sua sustentabilidade no longo prazo. Neste sentido, a manifestação no curto prazo das restrições ambientais aos processos de reprodução social só podem contribuir para o agravamento da crise das sociedades contemporâneas, crise esta que manifesta-se também nas representações veiculadas pelas categorias econômicas, em especial o Produto Interno Bruto, revelando suas insuficiências.

As contradições entre reprodução econômica e sustentabilidade ecológica

As tentativas de definir o termo sustentabilidade têm gerado uma enorme confusão. Desde a definição de que o desenvolvimento sustentável seria aquele que assegura condições dignas de vida a nossa geração sem prejudicar as possibilidades de desenvolvimento das gerações futuras, expressa no relatório Brundtland[52], desencadeou-se uma série de tentativas

52 NOSSO FUTURO COMUM (Relatório Brundtland). Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1988.

de explicitar as várias "dimensões" desse desenvolvimento. Procura-se, assim, incorporar a este conceito processos sociais e ambientais de naturezas distintas, o que torna o conceito de desenvolvimento sustentável, em geral, teórica e conceitualmente pouco consistente.

Diante disto, entendemos ser importante uma clara distinção entre os aspectos sociais e os ambientais do desenvolvimento. Por esta razão consideramos que sustentabilidade ecológica e reprodução social são processos que, embora relacionados, são de natureza distinta. Como discutido na seção anterior, a dinâmica dos sistemas naturais é determinada por processos de natureza essencialmente termodinâmica. São esses processos que determinam as condições para a sustentabilidade das sociedades. No entanto, a reprodução das sociedades é regida por processos sociais, fundamentados no trabalho, que, embora dependentes dos processos naturais, não são determinados imediatamente por eles. Há, portanto, na reprodução das sociedades humanas sempre a possibilidade de ocorrer contradições entre o processo de reprodução social propriamente dito e os processos naturais responsáveis pela sua sustentabilidade.

Essas contradições sempre existiram ao longo da história da Humanidade. As sociedades humanas sempre provocaram certo grau de perturbação na dinâmica dos sistemas naturais, as quais colocaram restrições à sua sustentabilidade. Mas tais restrições se manifestavam, essencialmente, em nível local, sendo que os seres humanos ao longo da sua história desenvolveram várias práticas para assegurar a manutenção das condições ambientais necessárias à sua reprodução social. Neste sentido, é interessante observar que as práticas que procuraram conciliar reprodução social e sustentabilidade ecológica desenvolvidas na história da Humanidade podem ser claramente identificadas na agricultura. É

neste sentido que Mazoyer e Roudart[53] salientam a necessidade de analisar a dinâmica da agricultura em termos de "sistemas agrários", isto é, formas de agricultura que integram, de maneira mais ou menos coerente, práticas destinadas à exploração dos ecossistemas cultivados e práticas que tem como objetivo assegurar a reprodução do seu potencial produtivo. Para Mazoyer e Roudart, assim, na agricultura não se trata apenas de preservar passivamente os sistemas naturais para manter as condições de sustentabilidade, mas de agir ativamente neste sentido por meio da integração no processo de trabalho de práticas com este objetivo específico. É neste sentido que Mazoyer e Roudart identificam um complexo processo de evolução histórica e diferenciação geográfica da agricultura responsável por uma grande diversidade de sistemas agrários que sempre integram práticas de exploração e de reprodução da capacidade produtiva dos ecossistemas. Os sistemas agrários que melhor integraram essas práticas foram os que apresentaram maior longevidade, por vezes de milhares de anos.

Tal não parece ser o caso dos sistemas agrários hegemônicos atualmente, que se desenvolveram a partir da dinâmica do capitalismo. As relações de produção capitalistas, ao favorecer o desenvolvimento da indústria e do comércio em longa distância, criam condições únicas para que as restrições locais colocadas pelos sistemas naturais sejam contornadas. A reprodução da capacidade produtiva dos ecossistemas cultivados passa a ser largamente assegurada por insumos químicos, que agem em oposição às relações ecológicas antes orientadas para este processo. O desenvolvimento industrial enquanto atividade cuja dependência em relação aos processos naturais são menos evidentes favorece a noção de que

53 MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Histoire des Agricultures du Monde. Du Néolithique à la Crise Contemporaine**. Paris: Éd. du Seuil, 1997.

os processos produtivos podem ocorrer de forma independente da dinâmica dos sistemas naturais. A mobilidade das mercadorias e dos recursos produtivos, assegurada pelo mercado, permite o surgimento de uma economia monetária em que todas as contradições locais entre exploração da natureza e reprodução das suas capacidades produtivas parecem poder ser resolvidas pela compra de recursos externos. Exacerbam-se, assim, as contradições entre sustentabilidade e reprodução social, na medida em que esta passa a ser largamente presidida pela geração de valor monetário. O fato dos recursos escassos poderem ser comprados, o que permite que regiões onde os mesmos são abundantes possam abastecer as regiões em que eles são escassos, contornando assim as restrições locais, parece ter influenciado os economistas a considerar que os recursos naturais só colocam limitações aos processos produtivos quando estes dependem diretamente de tais recursos. A expansão das relações mercantis, acompanhada por um extraordinário aumento da produção promovido pelo advento do capitalismo, no entanto, apenas adiou a manifestação de tais restrições que, a partir dos anos 1970, se fazem sentir com crescente intensidade.[54]

A percepção desse processo é grandemente dificultada pela forma como as riquezas são consideradas nos processos econômicos. Embora, como já mencionado, a produção de riquezas naturais seja ontologicamente anterior e, portanto, de natureza distinta dos processos econômicos propriamente ditos, a verdadeira negligência com que as riquezas são consideradas na análise econômica dificulta a percepção de que todo processo de reprodução material da sociedade é necessariamente realizado em termos de riquezas, cujo caráter qualitativo impede a sua identificação como

54 HARRIBEY, J.-M., Au coeur de la crise sociale et écologique du capitalisme: la contradiction entre richesse et valeur. **Actuel Marx**, nº 57, premier semestre 2015, p. 173-185.

simples valores econômicos, quer sejam estes expressos em tempo de trabalho ou em termos monetários. É esse processo de reprodução social que será examinado na próxima seção.

A reprodução material da sociedade

As características termodinâmicas da produção de riquezas, discutidas anteriormente, evidenciam que tal produção implica, em última instância, em transformações de energia que só podem aumentar sua entropia, o que impede a sua reutilização. Neste sentido, não é possível negligenciar que as sociedades humanas são, antes de tudo, sistemas sociais dissipativos, dependentes de processos termodinâmicos presentes em todos os sistemas naturais. Evidentemente, isto não significa que os processos sociais possam ser reduzidos às suas características físicas. Ao contrário, é justamente a complexidade ontológica das sociedades humanas, que conjugam características físicas (inorgânicas), biológicas e sociais, que lhes proporcionam propriedades únicas, não observadas em outros tipos de sistema. Isto implica que os sistemas econômicos devem ser considerados como sistemas abertos, nos quais há sempre fluxos de entrada e de saída de matéria e energia do e para os sistemas naturais. Assim, é necessário reconhecer que os recursos naturais, embora provenientes do seu exterior, são constituintes intrínsecos do sistema econômico. O uso de recursos naturais para a geração de meios de produção e produtos de consumo pelo trabalho humano não pode, mesmo que em uma primeira aproximação, serem negligenciados em qualquer análise. O mesmo ocorre em relação ao consumo das riquezas enquanto tais (isto é, de um ponto de vista qualitativo) pelos seres humanos, que deve ser reconhecido como um processo irreversível, e não como um componente de um fluxo circular de reprodução dos setores econômicos e das classes sociais. Evidentemente,

isto não significa que o caráter sistêmico da economia deva ser negligenciado. Ao contrário, esta concepção implica na necessidade de analisar os fluxos internos na economia de forma mais ampla, incluindo, além dos tradicionais fluxos monetários, também os fluxos das riquezas propriamente ditas. Assim, não se trata apenas de incluir as riquezas nos fluxos monetários dos sistemas econômicos, mas de considerar, em primeiro lugar, o próprio sistema como um fluxo de elementos materiais incomensuráveis entre si. É a partir deste sistema aberto, representado em termos de riquezas, é que as análises em termos monetários podem ser realizadas, devendo ambos ser coerentes entre si.

Na tabela 15 é apresentado um esquema de reprodução econômica baseado nas riquezas, considerando a economia como um sistema aberto.

Tabela 15: Reprodução do sistema econômico em termos de riquezas

	Recurso Natural	Meio de produção 1	Meio de produção 2	Produto	Tempo de trabalho
Recurso natural				2.225,00	
Meio de produção 1	2.225,00		111,25	556,25	1.112,50
Meio de produção 2		256,25		256,25	1.537,50
Produto final 1		250,00	105,00	100,00	1.750,00
Produto final 2		50,00	40,00	50,00	1.000,00
Total	2.225,00	556,25	256,25		5.400,00
Excedente	0,00	0,00	0,00		
Total	2.225,00	556,25	256,25		
Fonte: elaborado pelo autor					

Observa-se que o recurso natural não depende de outros recursos para ser produzido, pois é fornecido pela natureza. E apenas a geração do meio de produção 1 depende do recurso natural. A produção dos dois meios de produção é interdependente (como no caso em que a exploração de uma mina de ferro emprega equipamentos feitos deste metal). 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 encontra-se em reprodução simples,

como indica a ausência de excedentes, os quais, no entanto, poderiam ser introduzidos no esquema sem afetar as suas características.

As relações mostradas na tabela 15 são em boa parte qualitativas. Como pode ser observado nesta tabela, a soma dos meios de produção apresentados nas linhas da tabela 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 quantitativas entre, por um lado, os meios de produção e produtos finais e, por outro lado, o tempo de trabalho requerido para produzi-los, deve-se ao fato de que estas relações são determinadas por técnicas de produção específicas a cada produto.

Os tempos de trabalho requeridos para produzir as riquezas descritas na tabela 15 são apresentados no esquema de reprodução descrito na tabela 16. Observa-se nesta tabela que o recurso natural não demanda trabalho para ser produzido. Salientamos que os tempos de trabalho mostrados na tabela 16 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.

Tabela 16: Reprodução do sistema econômico 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		667,50	1.112,50
Meio de produção 2		512,50		1.537,50
Produto final 1		500,00	630,00	1.750,00
Produto final 2		100,00	240,00	1.000,00
Total	0,00	1.112,50	1.537,50	5.400,00
Excedente	0,00	0,00	0,00	
Total	0,00	1.112,50	1.537,50	

Fonte: elaborado pelo autor

É a partir dos tempos de trabalho necessários à produção que ocorre a regulação dos fluxos de matéria e energia (as riquezas materiais) necessárias à reprodução econômica da sociedade. Mas esses tempos de trabalho não podem, diretamente, realizar esta regulação. Isto porque as riquezas que entram no sistema econômico a partir dos sistemas naturais não são produzidas pelo trabalho. Ao serem introduzidas na economia, estas riquezas naturais, quando escassas, geram rendas, que são valores monetários não diretamente relacionados ao tempo de trabalho empregado na produção (mas que não passam de transferências desses valores em tempo de trabalho). Essas rendas, em conjunto com valores monetários equivalentes ao tempo de trabalho, formam os preços. É por meio dos preços que os fluxos de matéria e de energia ocorrem na sociedade. No caso em que a formação dos preços e das rendas ocorrem de forma estritamente coerente com o tempo de trabalho socialmente necessário à produção, na ausência de excedentes, a reprodução material da sociedade é estável.

Os preços e as rendas obtidos a partir dos tempos de trabalho mostrados na tabela 16 são mostrados na tabela 17 (o cálculo dos preços a partir dos tempos de trabalho será discutido posteriormente).

Tabela 17: Preços dos produtos e meios de produção e renda gerada pela escassez do recurso natural

Preço do produto final 1	Preço do produto final 2	Preço do meio de produção 1	Preço do meio de produção 2	Renda gerada pela escassez do recurso natural
70,27	48,36	13,09	19,09	1,82

Fonte: elaborado pelo autor

A partir da multiplicação das quantidades mostradas na tabela 15 pelos seus preços e pela renda mostrados na tabela 17 foi elaborado o esquema de reprodução em valores monetários mostrado na tabela 18.

Tabela 18: Reprodução do sistema econômico em valores monetários

	Recurso Natural	Meio de produção 1	Meio de produção 2	Valor dos meios de produção	Valor total	Valor agregado
Recurso natural					4.045,45	
Meio de produção 1	4.045,45		2.123,86	6.169,32	7.281,82	1.112,50
Meio de produção 2		3.354,55		3.354,55	4.892,05	1.537,50
Produto final 1		3.272,73	2.004,55	5.277,27	7.027,27	1.750,00
Produto final 2		654,55	763,64	1.418,18	2.418,18	1.000,00
Subtotal	4.045,45	7.281,82	4.892,05	16.219,32	25.664,77	5.400,00
Excedente	0,00	0,00	0,00			
Total	4.045,45	7.281,82	4.892,05			

Fonte: elaborado pelo autor

Salientamos que o valor monetário do recurso natural mostrado na tabela 18 é considerado antes da sua extração da natureza, na medida em que é o meio de produção 1 que é gerado diretamente a partir do recurso natural (por meio da sua extração). Assim, por não exigir trabalho para ser produzido, como mostrado nas tabelas 15 e 16, o recurso natural não agrega valor. Salientamos que a renda gerada pela escassez do recurso natural representa apenas transferências de valor agregado de outros produtos. Como pode ser observado na tabela 18, o valor agregado pelos meios de produção e pelos produtos finais gerados pelo trabalho corresponde aos tempos de trabalho mostrados nas duas tabelas anteriores.

A modelagem da reprodução econômica e a formação dos preços

Dadas a demanda de produtos finais, as características técnicas das atividades e a disponibilidade de recursos naturais, os resultados mostrados nas tabelas 15, 16, 17 e 18 podem ser obtidos por meio da modelagem

do sistema econômico pela programação linear. Nesta seção será apresentada a estrutura matemática geral de tal modelo. O modelo com os valores numéricos empregado para a elaboração dos esquemas de reprodução apresentados anteriormente será apresentado na próxima seção.

O problema primal do modelo geral de formação dos preços consiste em encontrar as técnicas e as quantidades de produto que minimizam o tempo de trabalho, de forma a satisfazer a demanda dos produtos de consumo final considerando os meios de produção necessários de serem gerados pelo trabalho e a disponibilidade de recursos naturais. Os meios de produção são discriminados entre os que são consumidos no próprio ciclo de produção e os que são empregados em vários ciclos. Este problema primal é formulado como,

$$\textit{Minimizar} \sum c_i^l q_i^l + \sum c_z^x m_z^x + \sum c_n^s i_n^s + \sum c_n^s I_n^s \tag{92}$$

Sujeito às restrições

$$\sum q_i^l \geq D_i \tag{93}$$

$$\sum a_{ui}^l q_i^l \leq R_u \tag{94}$$

$$\sum m_z^x - \sum a_{zi}^l q_i^l \geq M_z \tag{95}$$

$$\sum i_n^s - \sum g_{in}^s q_i^l \geq E_n \tag{96}$$

$$\sum I_t^s \geq v_n E_{n.} \tag{97}$$

$$\sum \sigma_{jz}^x m_z^x + \sum b_{nj}^s i_n^s + \sum b_{nj}^s I_n^s \leq R_j \tag{98}$$

onde temos,

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

m_z^x = quantidade *m* a ser reposta anualmente do meio de produção consumido em um ciclo de produção (cíclico) *z* gerado com a técnica *x*.

c_n^s = quantidade *c* de trabalho necessário por unidade do meio de produção consumido em vários ciclos de produção (multicíclico) *n* produzido com a técnica *s*.

i_n^s = quantidade *i* do meio de produção multicíclico *n* gerado com a técnica *s* a ser reposta anualmente.

α_{ui}^l = quantidade α do recurso natural *u* necessária para a geração do produto de consumo final *i* com a técnica *l*.

R_u = quantidade máxima *R* do recurso natural *u* que pode ser utilizada por ciclo de produção para a geração de produtos de consumo final.

a_{zi}^l = quantidade *a* do meio de produção z necessário para a geração do produto final *i* com a técnica *l*.

M_z = quantidade *M* do meio de produção cíclico *z* gerado para o crescimento econômico (reprodução ampliada; reprodução simples M_z = o).

E_n = quantidade excedente *E* do meio de produção multicíclico *n* a ser produzida por ciclo de produção para assegurar aumento da produção, ou seja, crescimento econômico (para crescimento econômico nulo = reprodução simples: E_n = o).

I_n^s = quantidade *I* do meio de produção multicíclico *n* gerado com a técnica *s* para o crescimento econômico (reprodução simples: E_n = o => I_n^s = o).

v_n = ciclos de vida útil do meio de produção multicíclico *n*.

D_i = quantidade demandada *D* do produto final *i*.

g_{ni}^s = quantidade *g* do meio de produção multicíclico *n* necessária para produzir uma unidade do produto final *i*.

σ_{zj}^x = quantidadeσde recurso natural *j* necessário para a produção do meio de produção z com a técnica *x*.

b_{jn}^s = quantidade *b* do recurso natural *j* necessária para a geração do meio de produção multicíclico *n* com a técnica *s*.

R_j = quantidade máxima *R* do recurso natural *j* que pode ser empregada por ciclo de produção para a geração de meios de produção.

A partir do problema primal foi deduzido o problema dual que fornece os preços dos produtos finais, dos meios de produção e as rendas

geradas pela escassez de recursos naturais que maximizam o valor agregado considerando a demanda de produtos finais, a disponibilidade de recursos naturais e as condições técnicas de produção. Este problema dual foi formulado como,

$$\textit{Maximizar} \sum D_i p_i - \sum R_u r_u + \sum M_z p_z + \sum E_n p_n + \sum v_n E_n p_t - \sum R_j r_j \tag{99}$$

Sujeito à restrição

$$p_i - \sum a_{zi}^{l} p_z - \sum g_n^s p_n - \sum \alpha_{ui}^{l} r_u \leq c_i^l \tag{100}$$

$$p_z - \sum \sigma_{zj}^{x} r_j \leq c_z^x \tag{101}$$

$$p_n - \sum b_{nj}^{s} r_j \leq c_n^s \tag{102}$$

$$p_t - \sum b_{nj}^{s} r_j \leq c_n^s \tag{103}$$

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*.

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 total)

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 (p_n) e o preço do total destes mesmos meios de produção (p_t) são os mesmos, os quais são definidos pelas expressões (102) e (103).

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

$$\begin{gathered}\textit{Mínimo} \sum c_i^l q_i^l + \sum c_z^x m_z^x + \sum c_n^s i_n^s + \sum c_n^s I_t^s = \\ \textit{Máximo} \sum D_i p_i - \sum R_u r_u + \sum M_z p_z + \sum E_n p_n + \sum v_n E_n p_t - \sum R_j r_j\end{gathered} \tag{104}$$

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

Observa-se que a expressão (104) descreve que o valor total em tempo de trabalho é equivalente ao valor monetário total subtraído das rendas. Neste sentido, no modelo os preços obtidos correspondem a valores marginais, na medida em que as variáveis do problema dual que expressam os preços e as rendas correspondem à variação do valor da função objetivo do problema primal provocada pela variação dos coeficientes do lado direito das suas restrições.

A expressão (100) descrita no problema dual, macroeconômico, de formação de preços, possui a mesma estrutura da equação empregada para, microeconomicamente, calcular o valor agregado nas unidades de produção. No entanto, na equação microeconômica, as rendas diferenciais geradas pela escassez de recursos naturais diretamente empregados para a geração de produtos finais encontram-se adicionadas ao valor agregado (na medida em que estão incorporadas nos preços). Desta forma, considerando a expressão (100), o "valor agregado" (como considerado no cálculo microeconômico[55]), pode ser calculado por meio da sua multiplicação pela quantidade produzida, ou seja,

$$Qc_i^l + Q\sum a_{ui}^l r_u = Qp_i - Q\sum a_{zi}^l p_z - Q\sum g_n^s p_n \qquad (105)$$

55 Para uma análise detalhada das inconsistências do cálculo do valor agregado como ele é normalmente feito ao nível das unidades de produção, ver SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**: ensaios sobre riquezas, valores e preços. Curitiva: Ed. CRV, p. 212-236, 2020.

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

$$VA = Qc_i^l + Q\sum\alpha_{ui}^l r_u \tag{106}$$

Quando a expressão (106) é considerada de ponto de vista microeconômico os meios de produção que são consumidos no ciclo são denominados "consumo intermediário". Considerando a expressão (100) o consumo intermediário é definido como,

$$Q\sum a_{iz}^l \beta_z = CI \tag{107}$$

No entanto, em uma unidade de produção, evidentemente não é possível repor apenas uma parte dos meios de produção 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 (100), a depreciação de um meio de produção multicíclico é definida como,

$$Q\sum g_n^s p_n = D \tag{108}$$

O valor monetário da produção mostrado na expressão (100), em termos microeconômicos, é denominado "produto bruto", sendo definido como,

$$Qp_i = PB \tag{109}$$

A partir das expressões (106), (107), (108) e (109) obtêm-se a expressão que é empregada para o cálculo do valor agregado em unidades de produção[56].

$$VA = PB - CI - D \tag{110}$$

Salientamos que o cálculo do valor agregado nas unidades de produção não consideram as rendas relacionadas a recursos naturais diretamente empregados no processo produtivo, na medida em que tais rendas estão incorporadas nos preços. Assim, o valor agregado propriamente dito é o equivalente monetário ao tempo de trabalho necessário à produção quando gerado pelas técnicas eficientes, isto é, as técnicas que minimizam o custo em tempo de trabalho socialmente necessário a produção. Esta equivalência faz com que as decisões microeconômicas tomadas nas unidades de produção sejam coerentes com as decisões macroeconômicas sobre as riquezas sociais. No caso da aplicação de técnicas não eficientes, o valor agregado será inferior ao trabalho diretamente aplicado na produção. Estas relações serão ilustradas numericamente a seguir.

O modelo empregado para a elaboração dos esquemas de reprodução

Os resultados apresentados nas tabelas 15, 16, 17 e 18 foram obtidos por meio de um modelo de programação linear. Como mostram essas tabelas, nos esquemas de reprodução não há a formação de excedentes de meios de produção (investimento), isto é, o sistema econômico encontra-se em reprodução simples. Além disto, no sistema econômico representado não há meios de produção multicíclicos e recursos naturais utilizados diretamente para a geração dos produtos de consumo final. No modelo são

56 DUFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola.** Manual para especialistas. Salvador, EDUFBA, 2007.

consideradas duas técnicas para a geração de cada produto final considerando-se que há apenas uma técnica para cada meio de produção. Os coeficientes do modelo são mostrados na tabela 19.

Tabela 19: Coeficientes do modelo

	Produto final 1		Produto final 2		Meio de produção 1	Meio de produção 2
	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 1	Técnica 2		
Trabalho	10	25	20	30	2	6
Meio de produção 1	-3	-2	-1	-0,9	1	-1
Meio de produção 2	-1,1	-1	-0,8	-0,6	-0,2	1
Recurso Natural					4	

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 19 que as técnicas que exigem menos tempo de trabalho são as que exigem mais meios de produção, sendo que é o meio de produção 1 que exige o recurso natural para ser produzido.

A partir dos coeficientes mostrados na tabela 19 foi formulado o modelo, cujo problema primal é,

$$\textit{Minimizar}\ 10\,pf_{11} + 25\,pf_{12} + 20\,pf_{21} + 30\,pf_{22} + 2\,mdp_1 + 6\,mdp_2 \quad (111)$$

Sujeito às restrições

$$\text{demanda de produto final 1)}\ pf_{11} + pf_{12} \geq 100 \quad (112)$$

$$\text{demanda de produto final 2)}\ pf_{21} + pf_{22} \geq 50 \quad (113)$$

$$\text{demanda do meio de produção 1)} - 3\,pf_{11} - 2\,pf_{12} - pf_{21} - 0.9\,pf_{22} + mdp_1 - mdp_2 \geq 0 \quad (114)$$

$$\text{demanda de meio de produção 2)} - 1.1\,pf_{11} - pf_{12} - 0.8\,pf_{21} - 0.6\,pf_{22} - 0.2\,mdp_1 + mdp_2 \geq 0 \quad (115)$$

$$\text{demanda de recurso natural)} 4\,mdp_1 \leq 2225 \quad (116)$$

Onde,

pf_{11} = produto final 1 gerado pela técnica 1
pf_{12} = produto final 1 gerado pela técnica 2
pf_{21} = produto final 2 gerado pela técnica 1
pf_{22} = produto final 2 gerado pela técnica 2
mdp_1 = meio de produção 1
mdp_2 = meio de produção 2

O problema dual, que descreve a formação dos preços por meio da agregação de valor, foi formulado como,

$$\textit{Maximizar}\ 100\ ppf_1 + 50\ ppf_2 + 0\ pmdep_1 + 0\ pmdp_2 - 2225\ rrn \quad (117)$$

Sujeito às restrições

produto final 1 técnica 1) $$ppf_1 - 3\ pmdp_1 - 1.1\ pmdp_2 \leq 10 \quad (118)$$

produto final 1 técnica 2) $$ppf_1 - 2\ pmdp_1 - pmdp_2 \leq 25 \quad (119)$$

produto final 2 técnica 1) $$ppf_2 - pmdp_1 - 0.8\ pmdp_2 \leq 20 \quad (120)$$

produto final 2 técnica 2) $$ppf_2 - 0.9\ pmdp_1 - 0.6\ pmdp_2 \leq 30 \quad (121)$$

meio de produção 1) $$pmdp_1 - 0.2\ pmdp_2 - 4\ rrn \leq 2 \quad (122)$$

meio de produção 2) $$-pmdp_1 + pmdp_2 \leq 6 \quad (123)$$

Onde,
ppf1 = preço do produto final 1
ppf2 = preço do produto final 2
pmdp1 = preço do meio de produção 1
pmdp2 = preço do meio de produção 2
rrn = renda gerada pela escassez de recurso natural

A parametrização do modelo para a análise da transição agroecológica

A aplicação direta do modelo descrito anteriormente exigiria a instituição de um sistema monetário baseado diretamente no tempo de trabalho. No entanto, é possível elaborar um modelo diretamente a partir

de valores monetários com a mesma estrutura formal do modelo descrito na seção anterior, com o intuito de verificar as consequências da alteração dos seus parâmetros sobre a formação dos preços.

Como demonstrado anteriormente, o valor agregado se constitui no equivalente monetário do tempo de trabalho diretamente aplicado para a geração de determinado produto. Isto permite que o tempo de trabalho descrito na expressão (111) possa, aproximativamente, ser substituído pelo valor agregado calculado a partir dos dados observados nas unidades de produção. Deve-se ressaltar, no entanto, que a parametrização do modelo com os preços vigentes não permite definir as técnicas eficientes e nem as rendas porventura existentes. Por outro lado, estas aproximações não alteram o processo de agregação de valor obtido a partir da mudança de determinados preços, ou a fixação de certo montante de valor agregado (o que corresponde a lhe adicionar uma renda) a ser obtido pela geração de determinado produto sob certas condições técnicas. Neste caso, a solução do modelo fornece o novo sistema de preços coerente com tais modificações, indicando as técnicas eficientes.

Como já comentado, quando o tempo de trabalho é expresso pelo valor agregado com base nos preços vigentes, o modelo não permite detectar as rendas diferenciais, pois estas já se encontram inseridas nesses preços. Porém, quando novos sistemas de preços são simulados, o modelo possibilita determinar as rendas diferenciais provocadas pela escassez de recursos naturais ou, de forma mais geral, por heterogeneidades estruturais das condições de produção.

Enfim, é interessante observar que o emprego de valores monetários no lugar do tempo de trabalho proporciona uma grande flexibilidade ao modelo, permitindo que ele seja formulado para analisar setores econômicos ou produtos específicos, sem a necessidade de formalizar toda a cadeia produtiva. A formulação a partir de valores monetários também pode ser

interessante no caso da necessidade de considerar um número elevado de atividades. Neste caso o modelo pode ser aplicado com diferentes graus de agregação, desde dados obtidos em unidades de produção até dados agregados extraídos de estatísticas oficiais.

A seguir será discutido um exemplo de como o modelo empregado para a elaboração dos esquemas de reprodução apresentados anteriormente pode ser parametrizado a partir de valores monetários. Neste caso, consideraremos como objetivo tornar eficientes as técnicas disponíveis para a geração dos produtos finais que empregam menos meios de produção e, portanto, menos recursos naturais.

Assim, suponhamos que dispomos de dados contábeis sobre a fabricação dos produtos finais com as técnicas disponíveis, de forma a obter o valor agregado gerado por unidade de produto a partir de cada técnica. No nosso caso, os preços empregados para o cálculo dos resultados econômicos foram os mostrados na tabela 19, os quais, em conjunto com os coeficientes mostrados na tabela 19 forneceram os resultados mostrados na tabela 20.

Tabela 20: Valor agregado por unidade de produto

	Produto final 1		Produto final 2	
	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 1	Técnica 2
Produção	1,00	1,00	1,00	1,00
Valor da produção	70,27	70,27	48,36	48,36
Meios de produção 1	3,00	2,00	1,00	0,90
Meios de produção 2	1,10	1,00	0,80	0,60
Valor dos meios de produção	60,27	45,27	28,36	23,24
Recurso natural				
Renda recurso natural				
Valor agregado	10	25	20	25,13

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se na tabela 20 que o valor agregado pela geração do produto final 2 obtido por meio da técnica 2 é menor do que o tempo de trabalho requerido por este produto e técnica mostrado na tabela 19. Isto

ocorre porque esta técnica não é eficiente, isto é, não é a que minimiza o custo em tempo de trabalho (o qual salientamos é o que corresponde ao socialmente necessário). Evidentemente, ao utilizarmos preços observados (como os empregados na contabilidade das empresas), na realidade não sabemos qual é a sua correspondência com o tempo de trabalho, na medida em que, por razões históricas, o sistema monetário de cada país possui uma relação própria com o tempo de trabalho, aliás, muito difícil de ser averiguada.

A partir do valor agregado por unidade de produto final, gerado por cada técnica e os preços dos meios de produção (mostrados na tabela 17) foi elaborado um modelo que descreve o processo de formação do valor monetário, relacionando-o com as condições técnicas da produção. Tal modelo se constitui em uma versão simplificada do modelo empregado para a elaboração dos esquemas de reprodução econômica descrito anteriormente (o nome das variáveis é o mesmo). O problema primal deste modelo foi formulado como,

Minimizar

$$10p\ f_{11} + 25\ pf_{12} + 20\ pf_{21} + 25.12727\ pf_{22} + 13.0909\ mdp_1 + 19.0909\ mdp_2 \quad (124)$$

Sujeito às restrições

$$\text{demanda de produto final 1)}\ pf_{11} + pf_{12} \geq 100 \quad (125)$$

$$\text{demanda de produto final 2)} pf_{21} + pf_{22} \geq 50 \quad (126)$$

$$\text{demanda do meio de produção 1)} - 3\ pf_{11} - 2\ pf_{12} - \ pf_{22} - 0.9\ pf_{22} + mdp_1 \geq 0 \quad (127)$$

$$\text{demanda de meio de produção 2)} - 1.1\ pf_{11} - pf_{12} - 0.8\ pf_{21} - 0.6\ pf_{22} + mdp_2 \geq 0 \quad (128)$$

$$\text{demanda de recurso natural)}\ 4\ mdp_1 \leq 2225 \quad (129)$$

Comparando o problema primal descrito acima com o descrito anteriormente (expressões (111) a (116)), as funções objetivo dos dois modelos são diferentes, na medida em que os coeficientes relativos ao tempo de trabalho aplicado diretamente por unidade de produto são substituídos pelos valores agregados. Além disto, nas expressões (127) e (128) os meios de produção que entram um na fabricação do outro. Ressaltamos, porém, que as restrições técnicas relativas a demanda de meios de produção para a fabricação dos produtos finais e as de demanda dos produtos finais continuam as mesmas.

O problema dual foi formulado como,

$$\textit{Maximizar}\ 100\ ppf_1 + 50\ ppf_2 + 0\ pmd_1 + 0\ pmdp_2 - 2225\ rrn \tag{130}$$

Sujeito às restrições

$$\text{produto final 1 técnica 1)}\ ppf_1 - 3\ pmdp_1 - 1.1\ pmdp_2 \leq 10 \tag{131}$$

$$\text{produto final 1 técnica 2)}\ ppf_1 - 2\ pmdp_1 - \ pmdp_2 \leq 25 \tag{132}$$

$$\text{produto final 2 técnica 1)}\ ppf_2 - pmdp_1 - 0.8\ pmdp_2 \leq 20 \tag{133}$$

$$\text{produto final 2 técnica 2)}\ ppf_2 - 0.9\ pmdp_1 - 0.6\ pmdp_2 \leq 25.12727 \tag{134}$$

$$\text{meio de produção 1)}\ pmdp_1 - 4\ rrn \leq 13.0909 \tag{135}$$

$$\text{meio de produção 2)}\ pmdp_2\ \leq 19.0909 \tag{136}$$

No caso do problema dual, a diferença em em relação ao modelo anteriormente descrito está nos coeficientes do lado direito das expressões relativas aos meios de produção, as quais anteriormente descreviam o tempo de trabalho diretamente aplicado e que agora descrevem o valor agregado, no caso dos produtos finais, e os preços, no caso dos meios de produção.

Considerando agora que uma transição agroecológica seja promovida por meio do estímulo às técnicas que necessitam de menos meios de produção e, portanto, menos recursos naturais. Para que tais técnicas possam passar a ser adotadas, em detrimento das técnicas mais exigentes em meios de produção, o valor agregado por elas deve ser aumentado, de modo que elas sejam economicamente interessantes. Mas, para que este aumento possa se efetivar, é necessário aumentar os preços dos meios de produção até que as técnicas desejáveis passem a compor a base ótima do problema primal, o que indica que elas passam a ser eficientes, mesmo tendo seu valor agregado aumentado (o que, em tempo de trabalho significaria uma diminuição da sua produtividade). Este procedimento foi adotado alterando-se os parâmetros dos modelos descritos acima. Foram fixados os valores agregados de 35 e 30 unidades monetárias por unidade de produto para as técnicas "2" relativas aos produtos finais 1 e 2, respectivamente. Os preços definidos para os meios de produção foram de 20 e 25 unidades monetárias por unidade de produto para que tais técnicas fossem apontadas como eficientes. Os preços obtidos são mostrados na tabela 21.

Tabela 21: Sistema de preços definido pela parametrização do modelo a partir de valores monetários

Preço do produto final 1	Preço do produto final 2	Preço do meio de produção 1	Preço do meio de produção 2	Renda gerada pela escassez do recurso natural
130	81	20	55	0

Fonte: elaborado pelo autor

A partir dos preços mostrados na tabela 21 foi realizado o cálculo dos resultados econômicos obtidos pela fabricação dos produtos finais. Estes resultados são mostrados na tabela 22. Observa-se nesta tabela que os valores agregados pela geração dos produtos finais com as técnicas menos exigentes em meios de produção (técnicas 2) são, efetivamente, os que foram fixados na simulação. Além disto, observa-se também na tabela 22

que os valores agregados pelas técnicas mais exigentes em meios de produção são agora de 9,5 e 17 unidades monetárias por unidade de produto contra 10 e 20, mostrados anteriormente na tabela 20.

Tabela 22: Resultados econômicos obtidos pela fabricação dos produtos finais calculados a partir do novo sistema de preços

	Produto final 1		Produto final 2	
	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 1	Técnica 2
Produção	1,00	1,00	1,00	1,00
Valor da produção	130,00	130,00	81,00	81,00
Meios de produção 1	3,00	2,00	1,00	0,90
Meios de produção 2	1,10	1,00	0,80	0,60
Valor dos meios de produção	120,50	95,00	64,00	51,00
Valor agregado	9,50	35,00	17,00	30,00

Fonte: elaborado pelo autor

O novo sistema de preços, portanto, estimularia os agentes econômicos nas unidades de produção a adotar as técnicas menos exigentes em meios de produção e recursos naturais, apesar do aumento do tempo de trabalho que passaria a ser necessário. Por outro lado, o aumento dos preços dos meios de produção necessários para que as técnicas menos exigentes nestes meios e em recursos naturais passarem a ser economicamente atrativas foi relativamente elevado.

Como já destacado, o objetivo do aumento dos preços foi a diminuição do uso de recursos naturais, o que foi efetivado. É importante observar que esses aumentos poderiam ser obtidos a partir da restrição física ao uso de tais recursos naturais. Portanto, o aumento dos preços dos produtos finais obtidos pela solução do modelo, assim como o aumento atribuído aos preços dos meios de produção são equivalentes a formação de rendas.

A avaliação das condições para uma transição agroecológica e suas consequências

A interpretação das consequências do novo sistema de preços decorrente da internalização dos custos de uma transição agroecológica, como

discutido neste capítulo, não pode ser realizada exclusivamente a partir dos seus custos monetários. Evidentemente, o aumento do preço dos produtos finais teria repercussões negativas sobre o poder de compra dos consumidores, especialmente quando medidos por unidade de tempo de trabalho, assim como o aumento dos custos dos meios de produção exigiria uma reorganização das unidades de produção acarretando, temporariamente, em menores resultados econômicos. Assim, se considerarmos o estímulo a técnicas menos exigentes em meios de produção e recursos naturais como parte de um processo de transição agroecológica, os resultados obtidos poderiam a primeira vista ser interpretados como uma diminuição do bem estar social.

Por outro lado, a interpretação desses resultados como expressões do bem estar social é bem mais complexa. De acordo com o modelo apresentado, diante de uma diminuição da produtividade, a decisão de trabalhar mais, ou consumir menos, para restringir o uso de recursos naturais escassos (como forma de enfrentar problemas ambientais) não pode ser tomada com base apenas em valores monetários, menos ainda se estes forem expressos por uma função matemática. O ganho de bem estar social proporcionado com a diminuição dos problemas ambientais é incomensurável monetariamente. Isto mostra quão enganosa pode ser a consideração da função de um modelo econômico como uma "função de bem estar", como ocorre nos modelos neoclássicos[57], na medida em que não é possível estabelecer uma proporcionalidade quantitativa entre o valor monetário expresso por uma função matemática e o bem estar social.

Isto porque, de acordo com a estrutura do modelo teórico apresentado anteriormente, os processos sociais que determinam a exploração, a

57 Como em Wing, I. S. **Computable general equilibrium models and their use in economy-wide policy analysis: everything you ever wanted to know (but were afraid to ask).** MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Technical. Note nº 6. 2004, 73 p. (disponível na Internet no endereço: http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_TechNote6.pdf, acessado em 15/10/2014).

produção e o consumo de riquezas por uma sociedade não podem ser reduzidos a questões de ordem meramente técnica, embora eles devam se subordinar às restrições técnicas que se colocam à produção. Mas estas restrições técnicas jamais podem, por si mesmas, determinar o resultado de tais processos. As funções objetivo dos problemas primal e dual do modelo, portanto, só podem possuir um caráter meramente operacional.

Por outro lado, se poderia alegar que, pelo menos do ponto de vista ambiental, a própria escassez dos recursos naturais poderia assegurar uma exploração adequada dos mesmos, ao induzir a adoção de técnicas poupadoras em recursos naturais. Neste caso, os principais obstáculos à sustentabilidade estariam na insuficiência do progresso técnico e, principalmente, em interferências externas (como, por exemplo, intervenções do Estado) nos mecanismos econômicos relacionados à formação dos preços. Neste sentido, os processos econômicos por si mesmos, desde que "livres" de qualquer intervenção, seriam capazes de assegurar as condições para a sustentabilidade ecológica das sociedades humanas.

Mas este raciocínio é enganador. Nada assegura que o nível de exploração dos recursos naturais considerados escassos não possa provocar um grau de destruição de riquezas que ultrapasse a capacidade dos sistemas naturais em renová-las, ou de assegurar um ritmo compatível entre o seu grau de exploração e as condições para a sua substituição, no caso de recursos não renováveis. Isto porque a escassez de recursos naturais é definida em função das atividades humanas e não, pelo menos imediatamente, pela dinâmica dos sistemas naturais, a qual não depende dos processos econômicos (embora possa ser perturbada por eles), mas é definida por complexos mecanismos de auto-organização baseados em transformações irreversíveis de energia. Tais mecanismos implicam na necessidade de um constante abastecimento de energia de baixa entropia, o qual só pode ser assegurado pela manutenção de condições adequadas

ao funcionamento dos sistemas naturais. Como discutido na primeira seção deste capítulo, os sistemas econômicos possuem, de um ponto de vista físico-químico, essas mesmas características. No entanto, não há processos naturais de regulação entre o funcionamento dos sistemas econômicos e o dos sistemas naturais de forma que estes últimos possam automaticamente assegurar a sustentabilidade dos primeiros. Isto porque a escassez de recursos naturais pode exercer uma influência significativa sobre os processos econômicos somente após a sua exploração atingir níveis incompatíveis com a sustentabilidade das sociedades humanas. A consideração no modelo formal apresentado neste texto de que as riquezas são variáveis verdadeiramente exógenas, cujas quantidades a serem utilizadas não podem ser determinados por considerações exclusivamente econômicas, é coerente com esta interpretação.

Como discutido anteriormente, são os preços que regulam os fluxos de matéria e energia necessários para a reprodução econômica da sociedade. A definição de um novo sistema de preços para favorecer a transição agroecológica relacionada a determinados produtos, portanto, repercutirá na reprodução econômica da sociedade. No exemplo estudado neste texto, o aumento dos preços relativos se constituiria em um obstáculo a tais fluxos. No entanto, é preciso destacar dois aspectos importantes desse fenômeno. Em primeiro lugar que tais obstáculos podem, pelo menos em parte, ser neutralizados. E, em segundo lugar, que tais obstáculos não afetam a população de forma uniforme. Os dois aspectos estão relacionados. Se os produtos afetados forem de consumo corrente, isto é, produtos de primeira necessidade, o aumento do seu preço afetará de forma mais intensa as classes sociais de menor poder aquisitivo. Isto ocorre porque estas classes gastam uma parte maior da sua renda com tais produtos do que as classes mais abastadas. Assim, uma redistribuição da renda em favor das

classes mais pobres, em detrimento das classes mais abastadas pode manter a demanda de tais produtos, minimizando a queda do bem estar social. Por outro lado, é importante salientar que, se o aumento dos preços afetarem produtos de luxo (ou seja, produtos acessíveis apenas as classes abastadas), a própria diminuição do seu consumo favorecerá a transição agroecológica, podendo-se considerar que, neste caso, haverá um aumento do bem estar social (ou seja, benefícios e não custos à sociedade).

Outra consequência importante do processo de transição analisado no exemplo, é que ele provocaria um aumento do tempo de trabalho, na medida em que tecnologias que proporcionam menores produtividades, exigindo, por outro lado, menos meios de produção e recursos naturais, substituiriam tecnologias que proporcionam maiores produtividades, mas que exigem mais meios de produção e recursos naturais. Aliás, de acordo com a fundamentação teórica discutida neste ensaio, esta seria a origem dos aumentos dos preços. Este aumento do tempo de trabalho socialmente necessário à produção poderia ser proporcionado por um aumento da jornada dos trabalhadores já empregados, ou pela criação de mais postos de trabalho. Evidentemente, neste último caso, os efeitos do aumento dos preços seriam compartilhados de forma mais igualitária entre os trabalhadores o que também contribuiria para uma distribuição mais uniforme da renda, diminuindo o impacto da sua redução sobre o bem estar social. Em suma, uma distribuição da renda em favor dos trabalhadores, assim como uma repartição igualitária do tempo de trabalho entre os mesmos, tenderia a neutralizar a diminuição da demanda dos produtos afetados pelo aumento dos preços, potencializando os efeitos positivos da transição agroecológica sobre o bem estar social e a reprodução material da sociedade.

Outro cenário possível diante do aumento dos preços dos produtos finais seria deixar a demanda “espontaneamente” se ajustar aos preços,

com a diminuição do consumo provocando uma correspondente diminuição da oferta. De acordo com a ideologia dominante, este seria o processo "natural" de ajuste da economia ao aumento dos preços, pois ele respeitaria uma suposta "livre concorrência". Os aspectos discutidos nos parágrafos anteriores evidenciam que, na verdade, esta concepção apenas favorece o acesso privilegiado das classes mais abastadas às riquezas sociais, sem trazer qualquer benefício à sociedade.[58] Neste sentido, eles corroboram a posição defendida neste ensaio de que são as decisões coletivas tomadas no conjunto da sociedade, e não o comportamento individual dos agentes econômicos, que definem as condições para a sua reprodução.

Considerações finais

Neste capítulo foram discutidos os fundamentos teóricos e alguns procedimentos da ICTA. Embora aplicada por meio da programação linear, um método matemático cuja utilidade prática, a nosso ver, é ainda pouco reconhecida, a ICTA não apresenta dificuldades particulares para ser aplicada. Neste sentido esse método pode apresentar resultados interessantes sobre a capacidade das técnicas de produção disponíveis para que determinado processo de transição agroecológica seja implantado, e sobre qual seria o seu custo social monetário, avaliado a partir das suas consequências sobre os preços relativos. Além disto, de um ponto de vista normativo, a ICTA pode indicar o sistema de preços necessário para estimular determinado processo de transição agroecológica.

No entanto, salientamos que, dado o caráter qualitativo das riquezas, as interpretações de cunho normativo dos resultados fornecidos pela ICTA não podem negligenciar a natureza essencialmente política dos processos

58 Pois com o aumento dos preços apenas os consumidores de rendas mais altas passam a ter acesso aos produtos.

por meio dos quais são tomadas as decisões coletivas sobre a exploração, a produção e o consumo das riquezas na sociedade. Neste sentido, o custo social monetário possui um caráter meramente operacional, na medida em que um aumento do custo monetário das riquezas pode estar relacionado a uma melhoria do bem estar social.

É provável que o leitor, sobretudo se economista, tenha sentido certa estranheza em relação à forma como na ICTA são conjugados elementos do materialismo histórico, da economia ecológica e até mesmo, de certa forma, da economia neoclássica! Alertamos, no entanto, que não se trata aqui de qualquer ecletismo ou heterodoxia. Ao contrário, é o materialismo histórico que, exclusivamente, fornece as bases teóricas e filosóficas para os procedimentos discutidos neste livro. Neste sentido, as considerações sobre as bases termodinâmicas da reprodução social, as quais imprime características geralmente negligenciadas nas análises econômicas, são plenamente compatíveis com a ontologia do ser social de Lukács, como discutido neste capítulo. E consideramos, também, que o cálculo marginal é plenamente compatível com uma análise da formação dos preços baseada no materialismo histórico.[59] Particularmente interessante, neste sentido, nos parece a aplicação da programação linear para explicitar o papel da agregação de valor na formação dos preços.

Enfim, é importante salientar que de forma alguma pretendemos que os procedimentos propostos neste texto para a análise da formação dos preços possuem qualquer caráter preditivo. Isto porque tais procedimentos analisam apenas a agregação de valor como o processo fundamental na formação dos preços, o qual permite explicar a subordinação dos processos econômicos às decisões políticas em economias monetárias. Assim,

59 Sobre este ponto, ver SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**. Ensaios sobre riquezas, valores e preços. Curitiba: CRV, 2020.

se, por um lado, consideramos que a agregação de valor é o processo básico da formação dos preços, por outro lado, é forçoso admitir que este processo está sujeito a uma série de perturbações, muitas delas características do funcionamento do capitalismo, como as provocadas pela adoção da taxa de lucro como critério de decisão pelos capitalistas.[60]

60 SILVA NETO, B. Trabalho, reprodução material e formação dos preços no desenvolvimento capitalista. **Desenvolvimento em Questão**, ano 8, n. 53, p. 10-31, out/dez 2020.

Conclusão

A discussão realizada neste texto mostra claramente a eficácia da ICTA e que, de um ponto operacional, esta pode ser integrada com facilidade à ADSA. Esta integração pode trazer uma contribuição importante aos estudos sobre a promoção da sustentabilidade da agricultura, na medida em que, a partir desses estudos, muitas vezes são formuladas propostas relacionadas à transição agroecológica que se limitam à promoção de sistemas de produção de alto valor agregado e/ou voltados para nichos de mercado. Ora, não é possível conceber uma verdadeira transição agroecológica sem que ela atinja o conjunto das suas atividades. Neste sentido, uma característica importante da ICTA é que ele pode ser aplicada a atividades desenvolvidas em grande escala (como as "commodities").

Os exemplos de aplicação da ICTA discutidos neste texto evidenciam que a promoção de uma transição agroecológica implica em promover um padrão tecnológico com características praticamente opostas ao normalmente protagonizado pelas instituições de ensino, pesquisa e extensão no Brasil. Isto porque a transição agroecológica, tal como discutida neste texto, se baseia na promoção de uma diminuição da dependência da agricultura em relação aos insumos e equipamentos de origem industrial, característica da Segunda Revolução Agrícola Capitalista.[61] No Brasil, observa-se um forte aprofundamento desta dependência, a qual é explicitamente protagonizada pela coalização entre grandes proprietários, indústrias produtoras de insumos e equipamentos (em muitos casos multinacionais) e grandes redes de distribuição, agrupados no chamado Agronegócio.

---

61 MAZOYER, M. & ROUDART, L. **Histoire des Agricultures du Monde. Du Néolithique à la Crise Contemporaine.** Paris:Éd. du Seuil, 1997.

Assim, em termos operacionais, a ICTA implica em adotar como principal critério de eficiência técnica da agricultura a produção por unidade de determinados meios de produção (como os insumos químicos) em detrimento da produção por área. Sem, no entanto, negligenciar esta última. Neste sentido, a ICTA apresenta uma grande convergência com as propostas realizadas pelos adeptos da Agroecologia.

Por outro lado, é forçoso reconhecer que há também certas divergências. Em primeiro lugar, pelo menos no Brasil, é notável a falta de uma reflexão mais consistente entre os adeptos da Agroecologia sobre os aspectos macroeconômicos da transição agroecológica. Em segundo lugar, a aplicação da ICTA supõe uma transição agroecológica concebida como um processo aberto, o qual, portanto, não se orienta para um tipo estritamente definido de agricultura, como muitas vezes é proposto pelos adeptos da Agroecologia. É por esta razão que alguns autores têm preferido referir-se aos processos de mudança social relacionados a sustentabilidade como uma "bifurcação" ecológica e social, para enfatizar o seu caráter aberto[62]. Neste sentido, a aplicação da ICTA é concebida como parte de um processo histórico de transformação da agricultura, resultante das ações de diferentes agentes sociais, em especial, mas não apenas, os agricultores. Coerente com a concepção da ICTA, discutida no capítulo sobre os seus fundamentos teóricos, o papel reservado a pesquisadores e técnicos é o de ampliar as possibilidades de escolha da sociedade, esclarecendo as vantagens e desvantagens das alternativas, e não o de definir qual tipo de agricultura deve ser desenvolvido.

Não é raro observar declarações coerentes com esta concepção histórica da agricultura no discurso de adeptos da Agroecologia. O que é raro,

[62] DURAND; C. ;KEUCHEYAN, R**. Principes d'une bifurcation écologique et sociale**. Séminaire Soutenabilités, s.d.

porém, é observar no campo da Agroecologia métodos que permitam analisar objetivamente, e de forma suficientemente ampla, as condições concretas para a promoção de uma transição agroecológica coerente com esta concepção. Neste ponto é importante assinalar que a imposição de um padrão tecnológico, mesmo que, a princípio, mais sustentável do que os existentes, sem uma análise suficientemente precisa das suas características técnicas e econômicas pode ter consequências altamente negativas sobre a promoção da sustentabilidade da agricultura. Por exemplo, a promoção de técnicas ecologicamente mais sustentáveis, mas que não podem satisfazer a demanda devido a escassez de terra pode estimular fortemente a adoção de técnicas intensivas no uso de insumos químicos, fortemente agressivas ao ambiente, mas que apresentam maiores rendimentos físicos por superfície.[63]

Um aspecto interessante da ICTA é que ela pode ser um instrumento para aperfeiçoar políticas destinadas a grupos de produtos e/ou categorias de agricultores específicos, como, por exemplo, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), que esteve em pleno funcionamento no Brasil entre 2003 e 2016. Neste programa, exclusivo para agricultores familiares, estes formavam cooperativas por meio das quais recebiam do governo federal um preço mais elevado pelos seus produtos, os quais eram destinados a demandas específicas, como as relacionadas a escolas, hospitais, asilos, quartéis e universidades. Nesse período, no entanto, observou-se certa dificuldade em associar o PAA a medidas de promoção da sustentabilidade da agricultura. A determinação de um sistema de preços nos moldes discutidos neste texto poderia contribuir para superar esta lacuna, com os

63 Conforme análises de SILVA NETO, B. A planificação ecológica como um instrumento para promover de forma democrática e eficiente a sustentabilidade da agricultura. **Extensão Rural**, vol. 27, n. 1, p. 100-119, 2020; e SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**. Ensaios sobre riquezas, valores e preços. Curitiba: CRV, 2020, p. 281-284.

agricultores comprometendo-se a adquirir os insumos das suas cooperativas. Para tanto, é importante considerar os resultados da ICTA apenas como um ponto de partida, uma forma de definir um sistema de preços que estimule os agricultores não apenas a adotar as técnicas mais sustentáveis detectadas pela ICTA, mas para que eles mesmos possam contribuir para o desenvolvimento de novas técnicas. Assim, apesar do caráter estático do modelo empregado na ICTA, esta deve ser aplicada considerando a natureza dinâmica da realidade agrária, o que implica em uma aplicação sistemática deste método ao longo do tempo.

No sentido oposto a este papel no aperfeiçoamento de políticas pontuais, de caráter sobretudo compensatório, a ICTA poderia ser empregada como base para uma planificação ecológica da agricultura. É neste ponto que, a nosso ver, a ICTA revela toda a sua importância. De fato, como é assumido na ICTA, a planificação também implica em assumir explicitamente que são as decisões políticas tomadas por uma sociedade sobre as suas riquezas que desencadeiam os processos econômicos, e não o inverso, como, insistentemente, nos quer fazer crer a ideologia dominante nas sociedades capitalistas. Por esta razão, nas condições políticas normalmente vigentes no capitalismo, sobretudo no Brasil, a criação de condições políticas para uma planificação da agricultura enfrenta obstáculos de difícil superação. Por outro lado, é igualmente muito difícil de pensar a existência de uma verdadeira transição agroecológica sem, clara e explicitamente, contestar a sua regulação pelo mercado. Neste sentido, a ICTA pode ser um instrumento importante de reflexão sobre as decisões fundamentais tomadas coletivamente pela sociedade sobre as suas riquezas, contribuindo para colocar tais decisões, de forma realista e objetiva, como o elemento central do debate sobre o desenvolvimento das sociedades contemporâneas.

Referências

DUFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola.** Manual para especialistas. Salvador, EDUFBA, 2007.

DUFUMIER, M. **Agricultures et paysanneries des Tiers Mondes**. Editions Karthala, Paris, 2004.

DURAND; C. ;KEUCHEYAN, R. Principes d'une bifurcation écologique et sociale. Séminaire Soutenabilités, s.d. (Disponível em https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjKuprNmYLzAhXmHbkGHROCDgsQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.strategie.gouv.fr%2Fsites%2Fstrategie.gouv.fr%2Ffiles%2Fatoms%2Ffiles%2Fprincipes_d_une_bifurcation_ecologique_et_sociale.pdf&usg=AOvVaw0FH5jgoOh6a87bHv3Ui961. Acesso : 15/09/2021).

GEORGESCU-ROEGEN, N. The **Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, MA: Harvard Economic Press, 1971.

GRIBBIN, J. **Deep simplicity: bringing order to chaos and complexity.** New York: Random House, 2004.

GUBERT, E. et. al. **Análise-Diagnóstico dos Sistemas Agrários do município de Cândido Godói.** Relatório de estágio obrigatório. UNIJUI, 2005.

GÜEMEZ, J.; FIOLHAIS, C. e FIOLHAIS, M., **Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.

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.

KAUTSKY, Karl. **A questão agrária**. 3. ed. São Paulo: Proposta Editorial, 1980.

LEVARD, L.; BERTRAND, M; MASSE P. (Coordination), **Mémento pour l'évaluation de l'agroécologie**, Méthodes pour évaluer ses effets et les conditions de son développement, GTAE-AgroParisTech-CIRAD-IRD, Mars 2019.

LÊNIN, V. U. **Capitalismo e Agricultura nos Estados Unidos da América.** Novos dados sobre as leis do desenvolvimento do capitalismo na agricultura. São Paulo: Ed. Brasil Debates, 1980.

LÊNIN, V. I. **O desenvolvimento do capitalismo na Rússia: o processo de formação do mercado interno para a grande indústria.** São Paulo: Abril Cultural, 1982.

LUKÁCS, G. **Prolégomènes à l'ontologie de l'être social.** Paris: Éd. Delga, 2009.

LUKÁCS, G. **Ontologie de l'être social. Le travail, la reproduction.** Paris: Éd. Delga, 2011.

MARX, K. **Capital. A critique of Political Economy**. Volume I. Nova York: International Publishers, originalmente publicado em 1867, on-line version: Marx.org. 1996, Marxists.org. 2010.

MAZOYER, M. & ROUDART, L. **Histoire des Agricultures du Monde. Du Néolithique à la Crise Contemporaine.** Paris:Éd. du Seuil, 1997.

NOSSO FUTURO COMUM (Relatório Brundtland). Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1988.

OLIVEIRA, L. B. De; SANTOS, J. W. B. Dos; RIBEIRO; E. L. R.; ALMEIDA NETO; J. A. de, INTERNALIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NOS CUSTOS DE PRODUÇÃO**. III CSEAR** – Conferência Interamericana de Contabilidade Socioambiental – América do Sul. UFPA - Belém – Para – Brasil, Jun/2013.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **La nouvelle alliance. Métamorphose de la science.** Paris: Ed. Gallimard, 1986.

SIMON, C. **Marx, Marginalism and Modern Sociology**. London: Palgrave Macmillan, 1991.

SILVA NETO, B.; OLIVEIRA, A.de. **Modelagem e Planejamento de Sistemas de Produção Agropecuária**. Manual de aplicação da programação matemática. 1. ed. Ijuí: Editora UNIJUI, 2009.

SILVA NETO, B. Agroecologia, ciência e emancipação humana. **Rev. Bras. de Agroecologia**, 8(1): 3-17, 2013.

SILVA NETO, B. Sistemas agrários e Agroecologia: a dinâmica da agricultura e as condições para uma transição agroecológica no município de Porto Xavier (RS). **Rev. Bras. de Agroecologia**, 9(2): 15-29, 2014.

SILVA NETO, B. (Org.); BASSO, David (Org.). **Sistemas Agrários do Rio Grande do Sul. Análise e Recomendações de Políticas**. Ijuí: Editora UNIJUI, 2015.

SILVA NETO, B. A **Agroecologia no desenvolvimento rural do município de Cerro Largo.** Relatório final do Projeto de Extensão da Chamada MCTI/MAPA/MEC/ MDA/MEC/MPA/CNPq Nº 81/2013 – Linha 1, 2016, 58 p. (disponível em http://nepea-uffs-cl.yolasite.com/).

SILVA NETO, B. **A questão agroecológica:** uma perspectiva ecossocialista. Curitiba: Ed. CRV, 2017.

SILVA NETO, B. **Com Marx, para além de Marx**. Ensaios sobre riquezas, valores e preços. Curitiba: CRV, 2020.

SILVA NETO, B. A planificação ecológica como um instrumento para promover de forma democrática e eficiente a sustentabilidade da agricultura. **Extensão Rural**, vol. 27, n. 1, p. 100-119, 2020.

SILVA NETO, B. Trabalho, reprodução material e formação dos preços no desenvolvimento capitalista. **Desenvolvimento em Questão**, ano 8, n. 53, p. 10-31, out/dez 2020.

SILVA NETO, B. As relações entre valor agregado e riqueza na Análise-diagnóstico de sistemas agrários. **Extensão Rural**, v. 27, n. 4, out/dez 2020.

WING, I. S. **Computable general equilibrium models and their use in economy-wide policy analysis: everything you ever wanted to know (but were afraid to ask).** MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Technical. Note nº 6. 2004, 73 p. (disponível na Internet no endereço: http://web.mit.edu/ globalchange/www/MITJPSPGC_TechNote6.pdf, acessado em 15/10/2014).

A Editora Fi é especializada na editoração, publicação e divulgação de pesquisa acadêmica/científica das humanidades, sob acesso aberto, produzida em parceria das mais diversas instituições de ensino superior no Brasil. Conheça nosso catálogo e siga as páginas oficiais nas principais redes sociais para acompanhar novos lançamentos e eventos.

www.editorafi.org
contato@editorafi.org