

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**A AGRICULTURA CONVENCIONAL E A AGRICULTURA SINTRÓPICA:  
UMA DISCUSSÃO INICIAL**

**Edson Satio Matsumura**

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bernadete Aparecida Caprioglio de Castro

Rio Claro (SP)

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

EDSON SATIO MATSUMURA

A AGRICULTURA CONVENCIONAL E A AGRICULTURA  
SINTRÓPICA: UMA DISCUSSÃO INICIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus  
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista  
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Bernadete Aparecida  
Caprioglio de Castro

Rio Claro – SP

2016

630 Matsumura, Edson Satio  
M434a A agricultura convencional e a agricultura sintrópica: uma  
discussão inicial / Edson Satio Matsumura. - Rio Claro, 2016  
48 f. : il., figs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia ambiental) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Bernadete Aparecida Caprioglio de Castro

1. Agricultura. 2. Auto-organização. 3. Entropia negativa.  
4. Manejo ecológico. 5. Sistemas agroflorestais. I. Título.

EDSON SATIO MATSUMURA

A AGRICULTURA CONVENCIONAL E A AGRICULTURA  
SINTRÓPICA: UMA DISCUSSÃO INICIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus  
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista  
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Bernadete Aparecida Caprioglio de Castro

Prof.<sup>a</sup> Dra. Clauciana Schmidt Bueno de Moraes

M.<sup>a</sup> Rafaela Aparecida da Silva

Rio Claro, 19 de janeiro de 2016.

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

## AGRADECIMENTOS

É com grande satisfação que escrevo os agradecimentos.

Agradeço à natureza, pela sua exuberância, pela energia, pelo cuidado e ensinamentos. Por ter tamanha representatividade em minha vida dando significado ao Ser e Estar.

Agradeço à minha família, que me forneceu a estrutura sobre a qual me reconheço como indivíduo. Gratidão pai, mãe, Diego e Rodrigo, tios, tias, primos, primas, avós e avôs.

Agradeço à Professora Dr<sup>a</sup>. Bernadete Aparecida Caprioglio de Castro pela compreensão, pela disponibilidade em orientar-me em meio a tantas atividades e pela postura receptiva e aberta que sempre manteve comigo. Gratidão.

Agradeço aos meus grandes amigos André e Ettore que me acompanham na vida.

Agradeço às minhas grandes amigas Livia e Nara, que foram essenciais para que eu pudesse completar esta fase da vida. Pelos conselhos, pela disponibilidade, pela presença e companhia.

Agradeço ao movimento da Agroecologia, à Marília, à Olívia, ao Girassol e Semente Viva que possibilitaram tomar contato com conhecimentos e pessoas incríveis.

Agradeço à turma da Engenharia Ambiental ingressados em 2010.

Agradeço ao Templo de Umbanda Lucia Oiá e Caboclo Sete Cachoeiras pelo acolhimento e ensinamentos de amor e fé.

Agradeço ao Ernst Götsch pelas conversas, pelos campos e pela inspiração.

Agradeço ao Dionísio pelas lições, pela humildade, pelas jantas.

Agradeço ao Gustavo, pela sobriedade, pelas conversas, pela amizade.

Enfim, minha profunda gratidão a Vida e ao Universo.

## RESUMO

O trabalho objetivou discutir a agricultura convencional e apresentar a agricultura sintrópica como uma forma agrícola alternativa, bem como averiguar aspectos que enquadram a agricultura convencional na dimensão entrópica; e compreender a sintropia aplicada à agricultura. Para tanto, foi utilizado como método a pesquisa bibliográfica, através do levantamento do referencial teórico à respeito da agricultura, biofísica e sintropia. Enfim, através desse estudo pôde-se compreender que a insustentabilidade que a agricultura convencional demonstra ter como característica pode ser analisada por seus aspectos entrópicos e revela uma compreensão reducionista da agricultura. Priorizando a quantidade produzida em detrimento a qualidade de seus produtos e dos resultados ambientais e sociais de seus processos. Por outro lado, apresenta-se a agricultura sintrópica, de Ernst Götsch, como uma tentativa de reconciliamento das atividades humanas com o aumento energético nos sistemas. Fornecendo uma nova maneira de compreender os processos entrópicos e suas funções perante a vida.

Palavras-Chave: Auto-organização; Entropia negativa; Manejo ecológico; Sistemas Agroflorestais

## **ABSTRACT**

This study aimed to analyze the conventional agriculture and to introduce the syntropic agriculture as an alternative model, it also aimed to investigate aspects that fit the conventional agriculture in the dimension of entropy; and to comprehend the concepts of syntropy applied to the agriculture. Thus, it was used the bibliographic research by surveying the theoretical framework regarding agriculture, biophysics and syntropy. Finally, through this study it could be understood that the unsustainability that the conventional farming shows to have as an element can be analyzed by its entropic aspects and reveals a reductionist understanding of agriculture. Prioritizing the amount produced over the quality of its products and of its social and environmental results. On the other hand, the syntropic agriculture, being designed by Ernst Götsch, is presented as an alternative to reconcile human activities to energetic increases in the systems. Allowing a new way to understand the entropic processes and its functions to life.

Palavras-Chave: Self-organization; neg-entropy; ecological management; Agroforestry

## LISTA DE FIGURAS

|          |                                                                                                                                                       |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 | Dinâmica de fluxo energético com uma sociedade baseada em um sistema agrícola convencional.....                                                       | 26 |
| Figura 2 | Eficiência na sociedade “normal” .....                                                                                                                | 28 |
| Figura 3 | Imagem de um (a) sistema de agricultura convencional em Campinas, SP, em comparação com um (b) sistema de agricultura sintrópica em Brasília, DF..... | 40 |
| Figura 4 | Imagem aérea do sítio Semente em Brasília, DF, mostrando os dois fragmentos em meio à matriz.....                                                     | 42 |
| Figura 5 | Imagem de um sistema de agricultura sintrópica da Fazenda da Toca em Itirapina, SP.....                                                               | 43 |

## **LISTA DE QUADROS**

|          |                                                                   |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 | Exemplos de trabalhos realizados na agricultura convencional..... | 27 |
| Quadro 2 | Exemplos de trabalhos realizados na agricultura sintrópica .....  | 37 |

## SUMÁRIO

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução.....                                                            | 9  |
| 2. Metodologia.....                                                           | 12 |
| 3. A biofísica.....                                                           | 12 |
| 3.1. A biofísica e a agricultura.....                                         | 14 |
| 4. A agricultura convencional.....                                            | 17 |
| 4.1. Uma breve história da agricultura convencional.....                      | 17 |
| 4.2. A agricultura convencional e a economia.....                             | 20 |
| 4.3. A agricultura e o meio ambiente.....                                     | 22 |
| 4.4. A agricultura convencional, a sociedade e a cultura.....                 | 24 |
| 4.5. Um modelo energético da agricultura convencional e uma breve análise.... | 26 |
| 4.6. Algumas constatações referentes aos sub-capítulos anteriores.....        | 29 |
| 5. A agricultura Sintrópica.....                                              | 30 |
| 5.1. Os modelos de Auto-Organização e a Sintropia.....                        | 30 |
| 5.2. A Agricultura Sintrópica.....                                            | 33 |
| 5.3. Agricultura Sintrópica e seus novos caminhos.....                        | 41 |
| 5.3.1. Agenda Götsh.....                                                      | 41 |
| 5.3.2. Sítio Semente.....                                                     | 41 |
| 5.3.3. Fazenda da Toca.....                                                   | 42 |
| 6. Conclusões.....                                                            | 43 |
| 7. Referências Bibliográficas.....                                            | 44 |

## 1. Introdução

A agricultura atual é fruto de um processo que vem sendo construído há mais de 9 mil anos, remontando ao período neolítico<sup>1</sup>. Ao longo de sua formação, as relações sociais e as relações do ser humano com a natureza passaram por diferentes momentos que podem ser definidos espacial, cultural e/ou temporalmente.

Em seu livro *a História da Agricultura no Mundo*, os autores Mazoyer e Roudart (2010) descrevem diferentes formas de se realizar a agricultura ao longo da história da humanidade, cada qual, representando características sociais e culturais da população. Contudo, ao longo do século 20, principalmente nos países ocidentais, a agricultura passou pelo processo chamado de revolução agrícola moderna (MAZOYER; ROUDART, 2010). Este processo teve como resultado a “modernização” da agricultura, homogeneizando seus sistemas (CARMO, 2008), o que deu origem ao que se considera agricultura convencional ou industrial.

Segundo Beus e Dunlap (1990), a agricultura convencional pode ser definida como sendo uma agricultura de capital intensivo, de larga escala, altamente mecanizada favorecendo as monoculturas e o uso extensivo de defensivos agrícolas, com criação intensiva de animais. A agricultura convencional, ainda, intensifica o agronegócio que fornece equipamentos e que comercializa os produtos agrícolas.

A Embrapa (2005), por sua vez, ao definir a agricultura industrial a complementa, afirmando que, do ponto de vista tecnológico ela se baseia em três pilares fundamentais:

**“Pilar da agroquímica** – Produz os insumos que permitiram o controle das restrições ambientais, tanto no tocante à fertilidade dos solos, quanto no controle das chamadas pragas, doenças e ervas invasoras. Isso permitiu ao modelo um seguro controle e dominação da natureza, permitindo praticar a agricultura monocultural intensiva e extensiva, que seria impossível, sem esse aparato industrial

**Pilar da motomecanização** – Permitiu a liberação de mão-de-obra para as indústrias e as cidades, barateando os custos de produção assim como a possibilidade de cultivar áreas cada vez maiores, ampliando as monoculturas.

---

<sup>1</sup> Veja em (MAZOYER; ROUDART, 2010)

**Pilar de manipulação genética** – Propiciou os trabalhos na direção de plantas (e animais) de alta resposta aos insumos químicos, contribuindo, também, para o aumento da uniformidade genética, da diminuição da biodiversidade e da ampliação das monoculturas, o que leva a um ciclo de doenças, pragas e maior necessidade de agrotóxicos e fertilizantes.” (EMBRAPA, 2005, p. 25)

Nota-se que, em ambas descrições, a agricultura convencional fundamenta-se por um modo capitalista de produção, privilegiando a produtividade em seus sistemas. Stahel (1998) explica que os critérios quantitativos, próprios do capitalismo, ignoram fatores qualitativos produzindo, então, as externalidades, ou seja, danos a terceiros que não são incorporados no sistema de preços. Assim, estabelece-se uma agricultura que se atém a números de produção, a movimentação financeira, ignorando as externalidades ambientais e sociais.

Podemos dizer, então, que o modelo agrícola atual é um modelo contraditório, pois ao mesmo tempo em que visa aumentar a produtividade, ignora os impactos ambientais e sociais decorrentes de sua forma de cultivo. Essa contraditoriedade, a longo prazo, parece ser insustentável. Em outras palavras, a continuidade da agricultura convencional implica em redução de disponibilidade de recursos para as gerações futuras, como premedita o livro *Limits to Growth* (MEADOWS et al., 1972).

Dessa forma, elaboramos a nossa primeira hipótese: Se reproduzimos sistemas insustentáveis, isso significa que estamos criando sistemas com menor energia disponível em relação à demanda para manutenção deste. Ou seja, reproduzimos sistemas de cultivo que aceleram o aumento da entropia.

Os sistemas vivos, no entanto, tendem a funcionar com baixos níveis de entropia, o que resulta em organização e diversificação (DI CORPO, 2014; SCHRODINGER, 1944; STAHEL, 1998; VANNINI, 2005). Enquanto, os sistemas mecânicos tendem a aumentar rapidamente seu nível de entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 1971), resultando em rápido declínio energético e aproximação da chamada morte-térmica<sup>2</sup>. Assim, na discussão à respeito da sustentabilidade de sistemas o aspecto da entropia insere uma dimensão para além da mecânica quantitativa newtoniana, que nos leva a aumentar a produtividade em detrimento

---

<sup>2</sup> Esses conceitos serão melhor explorados nos próximos capítulos.

dos impactos gerados, possibilitando uma avaliação qualitativa do objeto e do meio em que se insere (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Assim, a próxima pergunta é: Como seria um sistema alternativo capaz de aumentar a energia em si?

A agricultura alternativa data do início do século 20 (EMBRAPA, 2005), com diversas definições que variam conforme suas escolas (BEUS; DUNLAP, 1990; FRONCHETI; ZAMBERLAM, 2001). Para fins deste trabalho, adota-se o termo agricultura alternativa, como o conjunto de modelos agrícolas que, diferentemente do modelo convencional, busquem produzir de maneira sustentável.

Em meio às diferentes abordagens em agricultura alternativa, Ernst Götsch tem desenvolvido um modelo de agroecossistema dirigido pela sucessão natural (PENEIREIRO, 1999), a agricultura sintrópica. Dentre seus fundamentos, este tipo de agricultura encontra na sintropia uma forma de direcionar seus cultivos, propiciando sistemas de convergência de energia. Ou seja, sistemas, que na contra-mão das vias entrópicas, sejam catalisados pelo ser humano no sentido de encontrar a abundância, a auto-organização, a diversidade (GÖTSCH, 1997; PENEIREIRO, 1999).

Assim, a partir dessas perguntas e hipótese postuladas, elaboramos o seguinte objetivo de trabalho:

**Analisar a agricultura convencional sob o ponto de vista entrópico e apresentar a agricultura sintrópica como uma forma agrícola alternativa**

Por objetivos específicos temos:

- **Averiguar aspectos que enquadram a agricultura convencional dentro de uma dimensão entrópica;**
- **Apresentar a sintropia aplicada na agricultura.**

O tema da entropia e da sintropia eleva a questão a uma dimensão filosófica, cujas fronteiras em termos de analogias possíveis são difíceis de estipular e perceber. Certamente, as possibilidades de abordagens ao assunto são inúmeras, ao que cabe neste trabalho apenas uma iniciação ao tema, sob um determinado ponto de vista. A pluralidade, aqui, é mais que bem vinda.

O presente trabalho utilizou-se da seguinte construção:

A introdução dos conceitos fundamentais da biofísica e da termodinâmica e a apresentação de algumas perspectivas sob as quais os campos da agricultura e da biofísica se entrelaçam e contribuem mutuamente. O próximo capítulo, “A agricultura convencional”, por fim, busca explorar a hipótese de que a agricultura atual dispersa energia.

Numa segunda etapa do trabalho, apresentamos a Agricultura Sintrópica dividindo-a em três sub-capítulos. No primeiro conceituamos sintropia. No segundo apresentamos alguns fundamentos da agricultura sintrópica e por fim, apresentamos três entes que têm contribuído para a transmissão do conhecimento acerca desse modelo agrícola.

## **2. Metodologia**

Por se tratar de um assunto que integra conhecimentos de diferentes campos de estudo, utilizamos neste trabalho a Pesquisa Bibliográfica. A qual baseamo-nos, especialmente, em livros da área da agricultura, física, economia e ecologia.

## **3. A Biofísica**

Como ponto de partida introduziremos o conceito da biofísica e da termodinâmica na pesquisa de ecossistemas. Partindo da hipótese de que o conhecimento da evolução dos estudos biofísicos e sua aplicação dentro da agricultura pode proporcionar um contato inicial das diferentes abordagens da pesquisa científica ao tema.

Segundo Monte (2013, p. 24) “A dimensão biofísica é aquela que oferece a compreensão totalizada dos fluxos termodinâmicos no planeta, oferecendo uma compreensão de como se dão os movimentos globais de energia, matéria e, também, de informação”.

Assim, estudar a biofísica de um determinado sistema é estudar as relações de trocas de energia, matéria e informação deste. Utilizando-se, para tanto, a fundamentação da ciência da termodinâmica.

A Termodinâmica, por sua vez, surge no século XIX a partir dos estudos de Boyle, Boltzmann, Clausius e Carnot (ATKINS, 2001), que levaram a descoberta das três leis da termodinâmica:

- *Primeira Lei da Termodinâmica*: “A energia interna de um sistema isolado é constante” (Atkins, 2001, p. 346)

Segundo esta lei, a quantidade de energia de um sistema isolado, ainda que transformada, não aumenta ou diminui. Ela sempre se manterá constante.

- *Segunda Lei da Termodinâmica*: “A entropia de um sistema isolado aumenta no decorrer de uma mudança espontânea.” (Atkins, 2001, p. 392)

Uma mudança espontânea é uma mudança que tende a ocorrer sem a necessidade de uma indução externa; e entropia é a medida de desordem de um sistema (ATKINS, 2001; ODUM, 2004). Assim, de acordo com essa lei, a direção natural do universo é ir da ordem para a desordem, da menor entropia para a maior entropia (ATKINS, 2001; GEORGESCU-ROEGEN, 1971; ODUM, 2004).

Esta Lei, como já mencionado anteriormente, acrescenta um valor qualitativo às pesquisas (GEORGESCU-ROEGEN, 1971). Deixamos de falar em quantidade de energia ou matéria, como se propõe na primeira lei da termodinâmica, e passamos a falar da ordem ou desordem em que estes elementos se dispõem.

Outra implicação da entropia é que ela introduz o conceito da irreversibilidade, na qual uma energia dissipada não pode mais ser recapturada (VANNINI, 2005). Tal fato nos leva a compreender seu relacionamento com o aspecto temporal, uma vez que acompanhar o fatal aumento da entropia em um sistema pode ser forma de medida para a noção do tempo. Em outras palavras, nossa compreensão da passagem do tempo como uma linha unidirecional é baseada na percepção do aumento da entropia. Assim, percebemos o envelhecimento das nossas células, o arame enferrujar e as construções abandonadas ruírem, fatos que nos levam a perceber a passagem do tempo.

A vida, entretanto, só é possível em um sistema com baixo nível de entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; ODUM, 2004; STAHEL, 1998). E desafiando a fatalidade da lei da entropia, percebemos uma tendência a organização, diversificação e complexificação.

- *Terceira Lei da Termodinâmica*: “A entropia de todos os cristais perfeitos são as mesmas no zero absoluto de temperatura” (Atkins, 2001, p. 398)

Nesta definição entendemos que “cristal perfeito” refere-se a uma substância na qual todos átomos estão perfeitamente ordenados e “zero absoluto” refere-se a 0 K. Esta lei também é chamada de lei da morte térmica, uma vez que estabelece que a entropia pode aumentar até que se alcance um estado de equilíbrio (morte térmica) (VANNINI, 2005).

Dessa maneira, as três leis da termodinâmica que integram os conceitos básicos da física, têm fundamentado o desenvolvimento da ciência nas mais diversas áreas. Contribuindo diretamente no enorme avanço tecnológico ocorrido nos últimos séculos, impactando na nossa maneira de interagir e de perceber o mundo ao nosso redor.

Devido a sua importância, a biofísica não se restringiu à física ou à biologia, levantando discussões entre diferentes círculos acadêmicos, denotando seu caráter interdisciplinar e universal. Neste sentido Odum (2001, p. 56) afirma que: “Toda variedade das manifestações da vida é acompanhada por trocas de energia, ainda que não se crie ou destrua energia alguma.”

Assim, podemos afirmar que os processos biofísicos encontram-se presentes em tudo o que concerne a vida na Terra. Trocas energéticas existem em qualquer atividade realizada, desde a fotossíntese e os processos intracelulares até as mais avançadas técnicas modernas. A entropia, conceito fundamental na biofísica, apresenta-se também como de grande importância nas análises acerca da sustentabilidade dos sistemas. Um alto nível de entropia implica em sistemas próximos da morte térmica, ou seja com menor quantidade de energia disponível. (VANNINI, 2005)

A agricultura ao transformar, por exemplo, a energia solar através da fotossíntese em alimentos mostra-se, essencialmente, como um mecanismo de transformação de energia (FAO, 2000). Em outras palavras, praticar agricultura é relacionar-se diretamente com a biofísica, e indo além, praticar a agricultura deve ser a busca por ambientes com baixo nível entrópico, afim de possibilitar a vida.

### **3.1. A biofísica e a agricultura**

Os estudos dos fluxos energéticos em agricultura já eram concebidos pelos Fisiocratas, escola econômica francesa do século 18, antes mesmo do conhecimento das leis termodinâmicas. Para a escola Fisiocrata, “os recursos naturais e, em particular, uma agricultura fértil constituem a fonte da riqueza material.” (CLEVELAND, 1987, p.49).

Esta escola econômica elevava a agricultura a um papel central na Economia, uma vez que a partir do *dom da fertilidade da terra*, ela era capaz de gerar excedentes ou produtos líquidos, enquanto o trabalho não agrícola era considerado estéril (CLEVELAND, 1987). Dessa maneira, os Fisiocratas, apesar de criticados por suas crenças e posições políticas (CLEVELAND, 1987), introduzem na ciência a pesquisa da origem do excedente da

produção, sistematizando e analisando entradas e saídas, ou seja, subtraindo o que é consumido do que é gerado.

No século XIX, a descoberta das leis termodinâmicas formalizaram as bases da biofísica fundamentando os estudos acerca dos ecossistemas e da relação do homem com a natureza. A partir de então, diversos cientistas passaram a pesquisar suas respectivas áreas sob uma nova ótica, com base no reconhecimento das leis da conservação da energia, da entropia e da morte térmica (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; ODUM, 2004; TRANSEAU, 1926).

Edgar Nelson Transeau publica, em janeiro de 1926, o artigo *The Accumulation of energy by Plants*, no qual analisa de maneira pioneira o potencial energético do milho com intuito de utilizá-lo como combustível renovável ao invés de carvão, petróleo e gasolina. Em sua pesquisa ele conclui que:

“A sugestão de que nossos combustíveis líquidos, petróleo e gasolina, podem um dia serem substituídos por álcool produzido a partir de plantas é absolutamente irracional. Um simples cálculo mostra que para substituir a energia desenvolvida atualmente proveniente da gasolina pela energia do álcool, requeriria-se todo o milho sendo produzido nos Estados Unidos.

A solução para nosso futuro abastecimento energético encontra-se na descoberta da física e da química da fotossíntese. No passado nós descobrimos a natureza de muitos processos biológicos. (...) Não há razão para pensar que a fotossíntese é impossível de explicar e imitar. A fotossíntese é um processo muito ineficiente, mas quando nós conhecermos suas bases foto-químicas, poderemos melhorá-la muito e nisto reside a maior esperança de futuro fornecimento de energia quase ilimitada e certamente inesgotável.” (TRANSEAU, 1926, p. 10)

Sua pesquisa do potencial energético de plantas em vista dos limites das fontes de energias não renováveis é excepcional a época. E, apesar de ter chegado a conclusão de que o combustível produzido a partir de plantas era inimaginável, seu trabalho foi precursor ao relacionar as leis termodinâmicas com o estudo botânico.

Em meados do século 20, Eugene Odum e Howard T. Odum passam a publicar livros e artigos explicitando, dentre muitos conceitos, a importância dos estudos biofísicos em

ecossistemas e agroecossistemas. Seus trabalhos comparam os ecossistemas humanos aos ecossistemas naturais utilizando-se da energia como o parâmetro comum<sup>3</sup>. (MADISON, 1997; ODUM, 1967)

Seu legado foi fundamental na evolução dos estudos em Ecologia nos períodos posteriores. E condiz com os estudos sistêmicos no entendimento de processos da biologia, da cibernética, da matemática e da filosofia, como apresentado por Capra (2001).

O contexto da segunda metade do século 20 intensifica os debates de cunho ambiental. Em 1972 Meadows e colaboradores publicam o célebre *Limits to Growth*, apresentando modelos alarmantes de uma provável futura crise social devido a sobreexploração dos recursos naturais, alta emissão de poluentes e ao alto crescimento demográfico.

Segundo estes autores, vivemos em um mundo com recursos limitados e criamos tecnologias elaboradas para enfraquecer ou disfarçar as pressões, ou *negative feedback loops*, que envolvem processos como poluição do meio ambiente, redução de recursos não renováveis e fome causadas pelo crescimento ilimitado. Assim, a sustentabilidade de nossa sociedade dependeria de mudanças em nossa relação com o meio ambiente. (MEADOWS et al., 1972)

Na agricultura, a despeito dos estudos de cunho ambientalista, o século 20 foi marcado pelo incremento no aporte de recursos energéticos afim de aumentar a produtividade, (PIMENTEL, 2009) consolidando o modelo industrial ou convencional de produção agrícola. A despeito de um inicial aumento de produtividade, os impactos ao meio ambiente ocasionados pelas técnicas modernas e os impactos sociais decorrentes, fazem questionar a relevância de tal modernização.

---

<sup>3</sup> Alguns dos seus pesquisadores contemporâneos criticaram as análises energéticas dos irmãos Odum. Baseando-se, principalmente, em dois aspectos: Primeiro, os críticos, em sua maioria economistas, já possuíam seu próprio conceito de energia como equivalente aos gastos dos custos em dollars, contrariamente a conversão a equivalentes em energia propostos por Odum. E; segundo e mais importante, os economistas agrícolas alegavam que os estudos dos irmãos geravam uma análise descontextualizada histórica, política e economicamente, observando tão somente os aspectos biofísicos em seus argumentos decisórios. (MADISON, 1997)

Se por um lado, é verdade que os Odums privilegiavam os aspectos ambientais e energéticos em detrimento das econômicas, acarretando na não execução de suas propostas políticas, por outro lado, seus diagramas de fluxo energético em agroecossistemas permitem uma análise ambiental holística e provou ser uma ferramenta heurística bastante útil. (MADISON, 1997)

Neste âmbito, diversos pesquisadores passam a analisar em termos energéticos as entradas em relação as saídas nos sistemas agrícolas. Destacam-se, por exemplo, Howard T. Odum (1967), Mario Giampietro (1992) e David Pimentel (2009; 2002), em cujos trabalhos quantificaram o balanço energético de sistemas de cultivo, afim de avaliá-los sob um olhar diferente da comumente utilizada análise econômica.

#### **4. A agricultura convencional**

A agricultura convencional (Fig. 3b) é entendida como aquela originada da segunda revolução agrícola moderna, fundamentada na agroindústria química, na motomecanização e na manipulação genética (EMBRAPA, 2005).

Neste capítulo abordaremos algumas características da agricultura convencional e seus impactos ambientais, relacionando-os especialmente à Segunda Lei da Termodinâmica e seus aspecto essencial: a Entropia.

##### **4.1. Uma breve história da agricultura convencional**

Sucedendo as Revoluções Burguesas, a Revolução Industrial e a Revolução dos Transportes, no final do século XIX, catalizaram-se uma série de alterações no modo de vida da Europa, que logo se espalhou para todos os continentes. A indústria ganhou mais importância e passou a desenvolver insumos para a agricultura, como os maquinários a vapor, corretivos e adubos mineirais. As linhas férreas passaram a ligar áreas antes isoladas, propiciando tanto a chegada desses insumos, como o escoamento dos produtos locais para as regiões mais distantes (MAZOYER; ROUDART, 2010).

O cenário foi sendo construído para que no século XX, a segunda revolução agrícola moderna viesse à tona. Ela caracterizou-se, principalmente, pela motorização (utilização de motores à explosão ou elétricos), grande mecanização (máquinas mais complexas e eficientes) e quimificação (crescente utilização de adubos minerais e produtos de tratamento, como agrotóxicos) (MAZOYER; ROUDART, 2010). A indústria passou a ditar o ritmo do modo de cultivo agrícola, iniciando-se nos países desenvolvidos e logo expandindo-se nos países em desenvolvimento.

O desenvolvimento de meios de transporte velozes trouxe mercadorias de regiões distantes, liberando o camponês da necessidade de produzir seus próprios insumos, uma vez que estes podiam ser importados dos mais longínquos lugares. Assim, o camponês, antes focado na

produção diversificada para seu próprio abastecimento e para fornecer à comunidade do seu entorno, insere-se de uma vez por todas no mercado financeiro e passa a optar<sup>4</sup> pela produção do tipo agrícola de maior valor capitalizável.

Da segunda metade do século XX adiante, surge o programa da Revolução Verde disseminada através da rede mundial de centros de pesquisa e treinamento, GCPAI – Grupo Consultivo de Pesquisa Agrícola Internacional, financiada pelas grandes fundações privadas americanas (Ford, Rockefeller,...) e impulsionada pelas sobras de material de guerra do período pós-guerra (indústria química e mecânica) (FRONCHETI; ZAMBERLAM, 2001). A rede sistematizou a produção especializada de algumas variedades de cultivo, criando os chamados “pacotes tecnológicos” que anunciavam o aumento da produtividade através da sua implementação (FRONCHETI; ZAMBERLAM, 2001).

Os “pacotes tecnológicos” utilizavam-se do “uso intensivo de insumos químicos, de variedades de alto rendimento melhoradas geneticamente, da irrigação e da mecanização” (ALMEIDA, 2009). Também promoviam a adoção da monocultura, utilização de defensivos agrícolas (herbicidas, fungicidas, inseticidas, etc) e fortaleciam o concentração de capital e recursos. (FRONCHETI; ZAMBERLAM, 2001)

De fato, como explica Pimentel (2009):

“O mundo desenvolvido, incluindo os Estados Unidos, testemunhou um notável aumento de produtividade agrícola de 1950 a 1980. Esse aumento foi resultado da adoção de práticas agrícolas intensivas que se apoiam primariamente na dependência de entradas de combustíveis fósseis como fertilizantes, pesticidas, e irrigação. Em alguns países o uso de energia fóssil aumentou mais de 100 vezes se comparada ao uso no começo de 1950.” (PIMENTEL, 2009, p. 19)

Entretanto, apesar de um primeiro instante de aumento da produção nos países desenvolvidos, a degradação ambiental causada por este modelo agrícola tem apresentado seus efeitos colaterais. De acordo com Pimentel (2009):

---

<sup>4</sup> Note que, ao apreciar-se a autonomia do agricultor, suas decisões são tratadas, então, como opções. Entretanto cabe perceber, também, o efeito do câmbio cultural que o pressiona e o tendência a uma determinada decisão – Cap. 3.1.

“No planeta, as áreas cultivadas per capita diminuiram 20% na última década [refere-se a década anterior ao ano de 2009]. Neste mesmo período, mais de 100 milhões de hectares de terras agrícolas foram degradadas e tiveram perdas pela erosão causada pelo vento e água.” (PIMENTEL, 2009, p. 19)

Nos países em desenvolvimento, o que se viu como resultado da Revolução Verde, foi uma generalização técnica que não levou em consideração as características básicas de cada região e país. Homogeneizando os cultivos através de uma pressão financeira e ideológica, desqualificando os conhecimentos tradicionais e exaltando a chamada “modernização” (CARMO, 2008). A esse respeito, Carmo (2008) diz:

“Esse fato consumou-se, tanto no que se refere às características físicas, ambientais e biológicas, quanto àquelas do campo das relações culturais, sociais e econômicas, disseminando pelo mundo uma tecnologia apoiada nas condições dos países ricos de clima temperado.” (CARMO, 2008, p. 29)

No Brasil, por exemplo, os “pacotes tecnológicos”, enfocados em produtividade e diminuição da mão-de-obra no campo, não tinham relação com as necessidades e características específicas para a época, em que a mão-de-obra e as terras, embora concentradas em alguns proprietários, eram abundantes. Carmo (2008) ainda completa:

“(…) O que nos faltava, na realidade era capital e o desenvolvimento de pesquisas adaptadas para instalarmos a modernização adequada ao mercado interno de trabalho existente.” (CARMO, 2008, p. 29)

O agricultor, em sua maioria, agora dependente das entradas energéticas do “pacote tecnológico”, seja na forma de combustíveis, de fertilizantes, maquinários, insumos e/ou defensivos, viu-se obrigado despende de maior recurso financeiro pelo acesso e pela manutenção destes. Por outro lado, seu produto continuava a baixar de valor (FRONCHETI; ZAMBERLAM, 2001) em relação aos produtos industrializados, beneficiados pela grande utilização de combustível fóssil de baixo custo (ODUM, 1967).

Simultaneamente, afim de poder pagar por esse aporte energético, o agricultor capitaliza sua produção da maneira mais lucrativa, deixando de produzir produtos para seu próprio consumo. Assim, o ciclo está estabelecido, por um lado, o agricultor para se inserir no mercado,

depende de maior produção, buscando o aumento de energia aportada; por outro, ao deixar de produzir produtos de consumo próprio, perde a autonomia, necessitando de recursos externos para sobreviver.

#### **4.2. A agricultura convencional e a economia**

As revoluções agrícolas modernas não foram arquitetadas em sintonia com as características regionais e locais específicas. De forma tal que, produções manuais dos países em desenvolvimento competiam e ainda competem com produções em larga escala altamente mecanizadas aos moldes dos países desenvolvidos (MAZOYER; ROUDART, 2010). Dessa maneira, os diversos sistemas agrários que, por milhares de anos, foram se especializando e se diferenciando foram incluídos, ao longo de algumas décadas, a um mesmo mercado global.

As inovações tecnológicas, em sua maioria, são inacessíveis ao pequeno e médio produtor devido ao seu alto custo. Em contraponto, aqueles que as usufruem se beneficiam do aumento da produtividade podendo competir com preços menores. Consequentemente, na fase inicial deste processo de modernização e globalização houve uma queda dos preços dos produtos cultivados em larga escala (cereais). Em seguida, os produtos alimentícios substituíveis por cereais também deflacionaram. Então, os camponeses passaram, em sua maioria, a cultivar produtos perecíveis e destinados ao mercado interno. Este, limitado pelo poder de compra local, acaba por gerar a concorrência do pobre contra o pobre. (MAZOYER; ROUDART, 2010)

Neste cenário, pressionados pela baixa dos preços agrícolas, para a grande maioria dos pequenos produtores, só lhes resta a descapitalização (venda de seus bens), subconsumo e subalimentação. Por fim, tem-se o êxodo rural, a fome ou, então, o cultivo ilegal (como a papoula, no Triângulo de ouro; a coca, nos Andes; e o cânhamo indiano, na África, Oriente Médio, etc). (MAZOYER; ROUDART, 2010)

Os grandes latifundiários, por outro lado, beneficiados pela tecnificação, compram os minifúndios dos camponeses, expropriando-os de sua terra, tirando destes os meios de produção e subjugando o seu trabalho através do capital. Este processo de desterritorialização do camponês é, assim, resumido por Santos (2007):

“Enfim, a modernização capitalista vem conferindo ao meio rural brasileiro uma situação de exclusão social, fundamentada na grande propriedade de terras, seja pela expropriação e assalariamento do

camponês, seja pela favelização na periferia dos centros urbanos”  
(SANTOS, 2007, p. 46)

A resultante deste processo é o agravamento das desigualdades entre o grande produtor, capaz de renovar sua força produtiva, e o camponês incapaz de competir em um mercado impulsionado pelo acúmulo de capital.

A agricultura convencional, então, caracteriza-se pelo modo capitalista de produção (OLIVEIRA, 2007). Cujo critério é monetário, quantitativo e unidimensional (STAHEL, 1998). Em outras palavras, a base do funcionamento desta agricultura se dá pela busca de expansão do capital, cuja eficiência produtiva é caracterizada pela quantidade de capital gerado.

Entretanto, como explica Stahel (1998), o capitalismo por seu critério quantitativo, não leva em consideração os aspectos qualitativos do sistema, produzindo externalidades não contabilizadas. Segundo o capitalismo a qualidade seria consequência de uma direção do mercado (ou seja da lei de oferta e demanda), reduzindo qualidade à quantidade.

Em vista da crise que o sistema capitalista tem gerado, Stahel complementa:

“(...) a qualidade não é redutível à quantidade (...). Ela não pode ser traduzida para um indicador quantitativo, nem pode ser induzida a partir da manipulação de indicadores quantitativos que dirijam as ações sociais.” (STAHEL, 1998, s.n.)

E ainda afirma:

“É uma característica da ciência contemporânea a ênfase nos aspectos quantitativos e o seu desprezo pelos aspectos qualitativos, quando são justamente estes os mais essenciais. A própria vida se caracteriza pela sua essencialidade qualitativa, como o são a busca de bem-estar coletivo ou de felicidade individual (ou qualquer outro critério que possamos tomar como motivador, em última instância, das ações individuais ou coletivas).” (STAHEL, 1998, s.n.)

A entropia, por outro lado, trata de aspectos qualitativos do sistema indicando a disponibilidade da energia neste. O caráter expansivo e unidimensional do capitalismo, leva-o a buscar elementos com baixa entropia e utilizá-los através da sua capitalização na direção

única do aumento da entropia. Assim, como Stahel (1998) explica, o aumento da entropia é intrínseco ao sistema econômico que adotamos. Consequentemente, conclui-se que a agricultura convencional produz um aumento intrínseco do nível de entropia, reduzindo recursos naturais em um extremo e em outro despeja resíduos de alto valor entrópico, como os poluentes.

### **4.3. A agricultura e o meio ambiente**

A agricultura, por natureza, está diretamente relacionada aos recursos naturais. Interagindo e compondo o meio ambiente.

Segundo o livro *A História da Agricultura no Mundo* de Mazoyer e Roudart (2010), desde o período neolítico o homem já desenvolve cultivos agrícolas.

Um dos primeiros sistemas desenvolvidos foi o chamado derrubada-queimada. Este sistema, apesar da sua eficiência produtiva e importância para o desenvolvimento humano, aplicado com intensidade e durante milênios foi responsável por um enorme deflorestamento. Ele baseia-se em uma roçada, seguida de queima da área. Posteriormente, faz-se o plantio desta. Seu cultivo deve durar no máximo três anos e é sucedido por um pousio que dura décadas.

O aumento da utilização desta técnica no mundo e o crescimento demográfico contribuíram para aridificação e savanização de diversas áreas. A queimada-derrubada, assim como o sistema convencional, conduz momentaneamente a uma alta fertilidade, que cai progressivamente ao longo dos anos, acabando por culminar em um solo duro, pobre em matéria orgânica e pobre em nutrientes. Também acaba acelerando os processos erosivos e por fim ocorre o ressecamento do clima. Mazoyer e Roudart (2010) explicam, por exemplo que:

(...) era nas zonas subtropicais quentes com baixa pluviometria, que recebiam menos de 500 milímetros de água por ano e com uma longa estação seca que as consequências do ressecamento do solo e do clima eram sem dúvida mais graves. Nessas zonas, após o desmatamento, a pluviometria podia se reduzir para menos de 250 milímetros por ano. A estação de menor demanda de trabalho, o inverno (*estação morta*), estendia-se, então, ao ano inteiro e era a desertificação, um tipo de catástrofe ecológica, como aquelas que parecem ter-se produzido por razões desse gênero no Saara, na Arábia, na Pérsia e em muitas outras regiões do mundo, há alguns milhares de anos.

Assim, entende-se que a queimada-derrubada é, de fato, um método eficiente a curto prazo, porém aplicado intensivamente acabou por causar impactos de enormes dimensões. Atualmente, ela continua sendo praticada em regiões em que os remanescentes florestais ainda o permitem (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Com o deflorestamento de extensas áreas, cada região passou a se desenvolver de maneira desigual, cada qual com seu aspecto específico adaptando-se às condições ambientais em que se encontravam.

No século XIX, a agricultura, vinculando-se a indústria, passa a gerar impactos indiretos. (MAZOYER; ROUDART, 2010) O consumo de matéria prima para os insumos agrícolas e a utilização de bens agricultáveis na indústria, são exemplos do impacto indireto. Posteriormente, no século XX, a Revolução Verde enxerta o ambiente com agrotóxicos, adubos químicos e transgênicos. Além de homogeneizar as espécies que consumimos e cultivamos, implicando em uma alta perda de biodiversidade.

Como alguns dos resultados destes processos, Francheti e Zamberlam (2001) listam:

- “ (...) - 97 % das águas não são mais consideradas potáveis, em razão do seu índice de poluição;
- 280 milhões de seres humanos estão com sua sobrevivência ameaçada pela desertificação, grande parte gerada pelo tipo de agricultura predadora agroquímica; (...)
- 10 espécies de seres vivos desaparecem diariamente; (...)
- O leite materno de todas as mães do mundo está contaminado com DDT e outros agrotóxicos (...)

Do ponto de vista energético, a implementação dessa nova agricultura “moderna” fundamenta-se no considerável aumento de aportes externos, em sua maioria provenientes de combustíveis fósseis. No Brasil, por exemplo, das  $11.209 \times 10^3$  tep (tonelada equivalente de petróleo) consumidas pelo setor agropecuário em 2014,  $6.184 \times 10^3$  tep foram provenientes do óleo diesel (MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2014), representando mais do que 55% de todo o consumo energético do setor.

Soma-se, ainda, um sistema de aproveitamento energético pouco eficiente, e temos um breve contexto ambiental da agricultura convencional. Considerando todo o processo alimentar, nos países desenvolvidos onde 80% da energia fóssil investida neste processo é utilizada no

processamento, empacotamento, distribuição e preparação, e apenas 20% são utilizados na produção agrícola, a razão entre energia expendida e energia de alimentos produzidos é de 5 J para cada 1 J de alimento. Nos países em desenvolvimento essa razão é de aproximadamente 4 J para 1 J (PIMENTEL et al., 2002). Em outras palavras, no processo de produção de alimentos, apenas 20 a 25% da energia investida é revertida em energia alimentar propriamente dita. Uma explicação para tal fato, é a alta utilização de energia fóssil, cujo baixo custo em relação a energia proporcionada ainda mantém o sistema.

Assim, verifica-se, atualmente, um processo de artificialização da agricultura, em que o ser humano pretensamente se afasta das variáveis ambientais, através da agregação de insumos, climatização e utilização de transgênicos e agrotóxicos. Entretanto, ao redor dessa falsa bolha, os impactos do extrativismo voltado à agroindústria, da contaminação física e biológica e da perda da diversidade cultural são devastadores.

#### **4.4. A agricultura convencional, a sociedade e a cultura**

Os impasses econômicos e ambientais convulsionam em um ambiente social desarmonioso, caracterizado como em estado de crise.

Calcula-se, atualmente, que 795 milhões de pessoas encontram-se em estado de subnutrição no planeta (FAO, 2015). Paradoxalmente, é na zona rural, berço da produção dos alimentos, que a maior parte desta população em situação de vulnerabilidade é encontrada (MAZOYER; ROUDART, 2010).

O exodo rural cataliza o processo de favelização nas periferias urbanas, agravando a condição de vida da população. (MAZOYER; ROUDART, 2010)

A revolução burguesa impulsionando posteriormente o processo de industrialização, no pós-guerra, substituiu os valores sociais, exaltando a cultura urbana e discriminando a cultura rural. O homem do campo passa a ser estereotipado como preguiçoso, ingênuo e rústico (MAZOYER; ROUDART, 2010), preconceitos ainda presentes na sociedade. Assim, o próprio homem rural passa a idealizar o modo de vida urbana.

Wilches (2000) explica que o conceito de *desenvolvimento* herdado deste período:

“(...) associava a noção de “*progresso*” com um direcionamento de mudanças que iam desde: “o rural” a “o urbano”, da agricultura à indústria, do tradicional ao moderno, e do atrasado ao próspero. De tal

maneira que sob esta concepção o processo de transformação estrutural significou tanto o crescimento dos setores industriais como a urbanização da vida moderna. E, concomitantemente, a desvalorização do rural que passou a ocupar um papel residual no desenvolvimento” (WILCHES, 2000, s.n., tradução própria)

A esse aspecto, Santos (2007) acrescenta:

“Há, ainda nesse sentido, o pressuposto de dependência do rural em relação ao urbano, que só poderia se desenvolver, se tornar moderno, pela inserção, em seu meio, dos estilos de vida da sociedade urbana e através do consumo dos seus produtos.” (SANTOS, R.R. 2007, p. 48)

A agricultura familiar adotando a modernidade, ao contrário da pretensão da Revolução Verde de aumentar a oferta de alimentos, passa a sofrer de fome. A fome *strictu sensu* abate ele através da miséria e da degradação ambiental, levando-o a buscar sua subsistência nas favelas dos centros urbanos, na sua subordinação através de seu trabalho capitalizado (SANTOS, 2007), e nas atividades ilícitas, que vão desde o plantio de variedades ilegais à criminalidade.

Porém, o homem do campo passa a ter fome por um significado, por uma identidade. Em conjunto com o empobrecimento da agricultura familiar, veio sua desvalorização, veio o esvaziamento da ideia de campo. Este fadado a ser integrado à indústria. (FERREIRA, 2002)

A partir da década de 90, a literatura aponta para um renascimento do rural que passa a ocorrer nos países desenvolvidos e tem se espalhado. A revitalização do rural, ainda que desigual, possui algumas tendências apresentadas por Ferreira (2002): um rural com revitalização demográfica; dissociado do agrícola, os espaços rurais passam a reconhecer por outras potencialidades que não apenas o agrícola; um rural residência de trabalhadores urbanos e aposentados; um rural que abriga a agricultura e famílias de agricultores cujos cultivos tendem a ser plurais; um rural que é paisagem a ser manejada e preservada; um rural que não se assimila mais à natureza e a um ambiente de qualidade, ou seja, um rural com problemas ambientais comuns aos da cidade; um rural que começa a ser pensado como território do futuro.

Assim, o contexto social, cultural rural que foi empobrecido pela “modernidade” agrícola, hoje busca a revitalização, após tentativa de incorporação pelo urbano. Como visto, o

resultado foi crítico. Atualmente, um novo rural vem surgindo. E com ele uma nova agricultura é necessária.

#### 4.5. Um modelo energético da agricultura convencional e uma breve análise

Howard T. Odum, no relatório *The World Food Problem* (1967), apresenta alguns modelos de fluxos energéticos generalistas, que representam de maneira simples as principais rotas de trocas de energia em seus respectivos sistemas sociais.

A partir de uma adaptação desses modelos, podemos analisar algumas características dessa sociedade que configura o paradigma contemporâneo “normal” (KUHN, 1970).

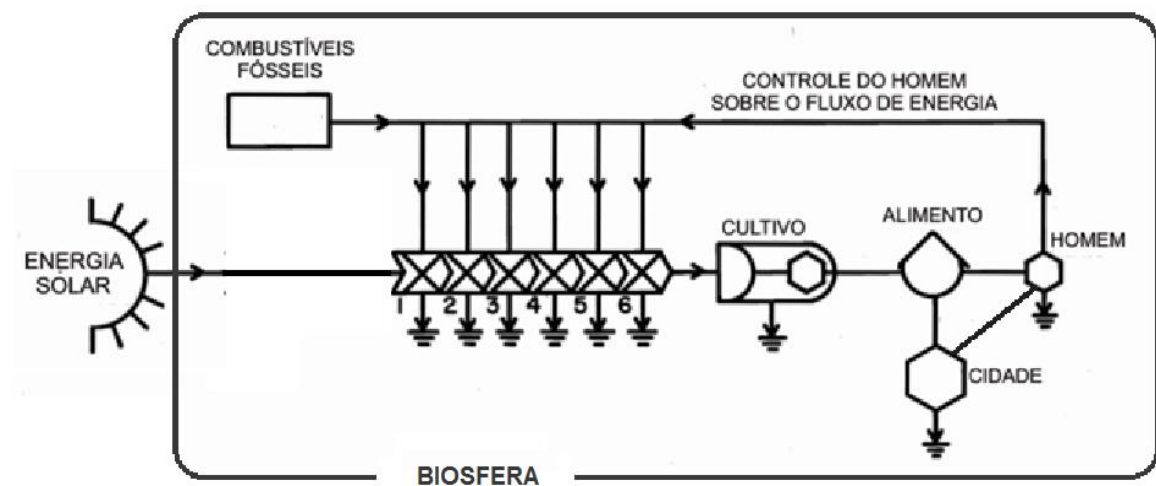


Figura 1 – Dinâmica de fluxo energético em uma sociedade baseada em um sistema agrícola convencional (Fonte: ODUM, 1967, p. 82 adaptado por MATSUMURA, 2015)

Em um sistema social baseado no modelo agrícola convencional (Figura 1), temos duas fontes energéticas externas *strictu sensu*, a energia solar e a energia proveniente de combustíveis, em sua maioria de origem fóssil. Parte da energia que entra é convertida em trabalho e está representada pelas figuras enumeradas de 1 a 6.

Tais figuras, representam trabalhos realizados na agricultura convencional em substituição a processos que antes eram realizados pela própria dinâmica natural na manutenção do equilíbrio do sistema. Esses trabalhos são possíveis através do incremento da entrada de energia proveniente, especialmente, da exploração de energia em estoque, os combustíveis

fósseis (ODUM, 1967). Podemos, afim de exemplificar os trabalhos da agricultura convencional, nomeá-los como apresentado no Quadro 1.

| Quadro 1 – Exemplos de trabalhos realizados na agricultura convencional                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nº                                                                                                                                                                                                       | Trabalho                                                                                                                                                                 |
| 1                                                                                                                                                                                                        | Comercialização de sementes e mudas em substituição a dispersão natural.                                                                                                 |
| 2                                                                                                                                                                                                        | Aplicação de fertilizantes em substituição aos processos de decomposição, mineralização e fixação de nutrientes                                                          |
| 3                                                                                                                                                                                                        | Capina física e química em substituição aos processos ligados a sucessão natural e distúrbios ambientais (como queimadas, inundações, ventanias, quedas de árvores, etc) |
| 4                                                                                                                                                                                                        | Utilização de agrotóxicos (fungicidas, bactericidas, inseticidas e herbicidas) em substituição aos processos predatórios e auto-imunes.                                  |
| 5                                                                                                                                                                                                        | Preparo e tratamento do solo em substituição aos processos de formação de solo, como deposição de matéria orgânica, interação flora e fauna e decomposição.              |
| 6                                                                                                                                                                                                        | Desenvolvimento de sementes e mudas (biotecnologia e engenharia genética) em substituição a seleção através da interação ecossistêmica.                                  |
| Fonte: ODUM, 1967, p. 83 adaptado por MATSUMURA, 2015                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                          |
| Nota <sup>1</sup> : Os números referem-se aos trabalhos como enumerados na Figura 1, apenas a nível de ilustração. Portanto, não se relaciona a qualquer ordem de grandeza temporal ou de significância. |                                                                                                                                                                          |

Os trabalhos realizados (Quadro 1) explorando as entradas energéticas externas sustentam, então, os cultivos agrícolas. Por sua vez, os cultivos admitindo maiores entradas energéticas, tendem num primeiro momento a corresponder em produtividade. O ser humano, por consequência, teria maior acesso ao alimento, potencializando seu trabalho, que retorna ao sistema com maior eficiência em substituir os processos naturais. E o ciclo recomeça.

Neste modelo, podemos isolar o fator humano (Homem na figura 1), tal que a maior eficiência do sistema se dá quando somos providos de maior quantidade de recurso energético, disponibilizado pela alimentação e pela cidade, aplicando o menor esforço para realizar os trabalhos. Este esquema é ilustrado na Figura 2 e define a sociedade por um viés econômico (GIAMPIETRO; CERRETELLI; PIMENTEL, 1992).

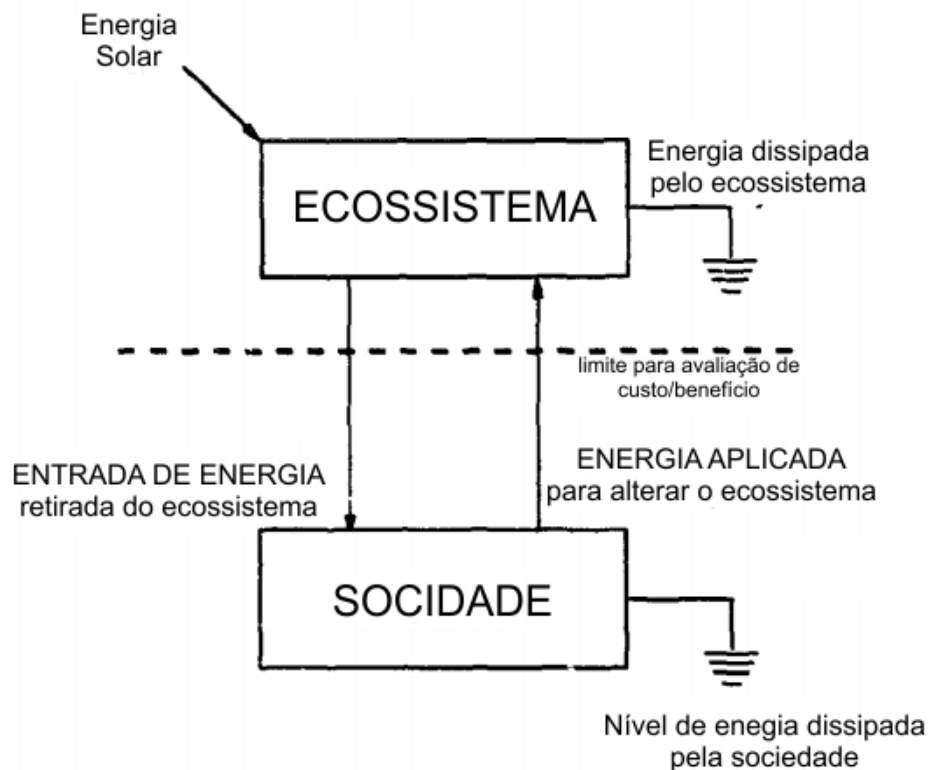


Figura 2 – Eficiência na sociedade “normal” (Fonte: GIAMPIETRO; CERRETELLI; PIMENTEL, 1992, p. 224 adaptado por MATSUMURA, 2015)

Entretanto, como vimos, alguns fatores limitam tal dinâmica ocasionando a atual situação de criticidade. Os esquemas baseados no aumento da eficiência agrícola, muitas vezes, parecem ignorar a interação com os componentes ambientais que afetam a estabilidade do sistema. (GIAMPIETRO; CERRETELLI; PIMENTEL, 1992)

A incorporação de energia externa, como os fertilizantes químicos, pesticidas e irrigação, demonstram elevar as taxas produtivas, inicialmente. Entretanto, a longo prazo a deterioração da qualidade ambiental passa a exigir maiores aportes de insumos e oferecer menor aumento produtivo. Segundo Pimentel et. al. (2002):

“A taxa de aumento da colheita na safra, durante os 30 anos do período entre 1950 e 1980, foi de 3% por ano. Entretanto, desde 1980, a taxa de aumento da colheita da safra de grãos nos Estados Unidos declinou para apenas 1% ao ano (USDA, 1980 apud. PIMENTEL, 2002). Isto se deve ao fato de que as terras agrícolas têm limites para

as quantidades de fertilizantes e pesticidas que eles podem tolerar.”  
(PIMENTEL et al., 2002, p. 16)

A explicação de Pimentel (2002), então, está em concordância com os conceitos preconizados em *Limits to Growth* de Meadows et al (1972) que afirmavam que os estoques energéticos do planeta são finitos e a relação que temos criado com os recursos renováveis tem degradado sua qualidade e disponibilidade.

Assim, verificamos através da agricultura, que o ser humano está sujeito as condições ambientais de uma maneira muito mais direta que a agricultura convencional tem se embasado. Na procura pela eficiência, a produção agrícola, adotando o formato industrial e econômico exprimiou os recursos naturais, aumentando cada vez mais a instabilidade de seu sistema.

#### **4.6. Algumas constatações referentes aos sub-capítulos anteriores**

Percebemos, até então que a modernização agrícola aumentou consideravelmente a quantidade de energia inserida nesta atividade. E em consequência, muitos estudos apontam para um incremento da produtividade. Contudo, essa mesma modernização impôs a uma sociedade heterogênea o mesmo modelo produtivo, evidenciando as disparidades entre as diferentes populações.

Além disso, a agricultura convencional priorizando a produtividade/quantidade, preconizados pelos critérios capitalistas, não levam em consideração os impactos ambientais/qualidades causados pela sobre-exploração dos recursos ambientais, pela emissão de seus resíduos, do potencial de contaminação do solo, água e ar e perdas na diversidade da fauna e flora, entre tantos outros impactos. Tais impactos ficam de fora da avaliação produtiva enquanto não têm seus custos contabilizados.

Com respeito a eficiência energética, fica claro que se as perdas de terras cultiváveis têm ocorrido, significa que tais áreas diminuíram em potencial energético disponível. Ou seja, o sistema gerou altos níveis entrópicos e consumiu os elementos de baixa entropia na região, ocasionando a esterilidade do solo.

Assim, a entropia transparece através da instabilidade do sistema organizacional e produtivo, afetando o sistema social, que está refletida no exôdo rural, no empobrecimento do pequeno

camponês e consequente aumento das desigualdades e nos processos de degradação ambiental com perdas na qualidade e quantidade de recursos ambientais.

Podemos dizer, então, que está estabelecida uma agricultura entrópica. Baseada no extrativismo de recursos naturais, alta utilização de entradas energéticas externas e na capitalização da sociedade humana. Verifica-se, como resultado, a perda energética em todas as dimensões e justifica-se, assim, a procura por novos paradigmas.

## **5. A Agricultura Sintrópica**

No contexto de uma agricultura entrópica, surge um modelo chamado de agricultura sintrópica – do grego, *syn* = convergir, *tropos* = tendência – cujo idealizador, Ernst Götsch vem desenvolvendo-a principalmente em sua fazenda no Sul da Bahia, ao longo das últimas três décadas.

Antes de nos aprofundarmos no tema da agricultura sintrópica, repassaremos o estudo do modelos auto-organizados, que fundamentarão uma melhor compreensão da filosofia por trás deste tipo de cultura.

### **5.1. Os modelos de Auto-Organização e A Sintropia**

A auto-organização é um modelo observável em estruturas não vivas (PRIGOGINE, 1967), mas é no fenômeno da vida que ele se torna mais evidente. Os sistemas vivos estão baseados na capacidade de auto-organização, de reprodução e diversificação. É justamente o processo inverso da entropia que nos mantém vivos. Neste sentido Albert Szent-Györgyi, vencedor do Nobel de Fisiologia em 1937, citado por Di Corpo e Vannini (2009) diz: “É impossível explicar as qualidades da organização e ordem de sistemas vivos começando pelas leis entrópicas do macrocosmo”

Fritjof Capra (2001), em seu livro *A Teia da Vida*, dedica um capítulo ao estudo dos modelos auto-organizados. Segundo este autor, a compreensão da auto-organização tem o estudo de padrões como seu precursor. Este último foi amplamente pesquisados desde a Grécia Antiga, passando pelos alquimistas e poetas românticos, que percebiam na vida certos padrões e tentavam compreendê-los. Contudo, a concepção de auto-organização se deu nos primeiros anos da cibernética, década de 50.

Nos modelos de auto-organização, algumas concepções diferenciam-nos. Capra (2001) as descrevem como sendo as seguintes:

- Os modelos de auto-organização concebem a possibilidade de criação de novas estruturas, novos comportamentos no processo de desenvolvimento, de aprendizagem e de evolução. Diferentemente de outros modelos que dizem que todas as possibilidades estão no âmbito de uma dada variedade inicial.
- Outra característica é o fato de que todos os modelos de auto-organização lidam com sistemas abertos, sistemas que importam e exportam componentes (BERTALANFFY, 1950), que operam afastados do equilíbrio, dependendo assim de um constante fluxo de energia e matéria para apresentarem comportamentos criativos.
- Como terceira concepção, entende-se que nos modelos de auto-organização os elementos estão inter conectados de maneira não-linear, o que resulta em laços físicos de realimentação.

Assim, podemos dizer que:

“a auto-organização é a emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento em sistemas abertos, afastados do equilíbrio, caracterizados por laços de realimentação internos e descritos matematicamente por meio de equações não-lineares.”  
(CAPRA, 2001)

Tendo compreendido o significado da auto-organização, fica evidente, ao afirmar que a auto-organização é espontânea, que estamos contrariando a Segunda Lei da Termodinâmica.

No começo da década de 60, Ilya Prigogine, vencedor do Nobel de Química de 1977, reconcilia a auto-organização com a termodinâmica, ao conceituar as estruturas dissipativas. Segundo Prigogine (1967), as estruturas dissipativas se mantêm em um estado afastado do equilíbrio e quando um fluxo de energia e matéria passa através delas um novo sistema de maior complexidade pode surgir, gerando uma nova ordem.

Neste mesmo sentido, Ludwig von Bertalanffy, pai da Teoria Geral do Sistemas, considerava a informação como sendo o elemento que reduz a entropia. Vannini (2005) exemplifica como a informação otimiza o uso de energia:

“o primeiro computador, ENIAC (Eletronic Numerical Integrator and Calculator), podia realizar apenas pequenos cálculos usando a mesma quantidade de energia necessária para iluminar uma cidade de 30 mil habitantes; atualmente, computadores realizam cálculos incrivelmente

complexos consumindo menos energia do que é necessário para acender uma pequena lâmpada. Essa drástica redução na entropia foi possível graças ao aumento de informação nos computadores modernos.” (VANNINI, 2005, p. 98)

Assim, surge o termo *neg-entropy*, ou entropia negativa, explicando sistemas de acúmulo de informação, e consequente diminuição de entropia.

Erwin Schrödinger (1988) aborda o termo da entropia negativa dizendo que para a manutenção da vida, não nos alimentamos de matéria em si, uma vez que neste caso poderíamos ingerir diretamente os elementos químicos da matéria. O que se percebe é que necessitamos ingerir alimentos biológicos, assim ele conclui que nos alimentamos, de fato, de entropia negativa absorvida pelos processos metabólicos.

A sintropia, desenvolvida a partir dos estudos da mecânica quântica e da relatividade especial, insere-se neste contexto apresentando o que ficou conhecido como “teoria unificada do mundo físico e biológico”. (VANNINI, 2005)

O reconhecido matemático Luigi Fantappiè, desenvolve a teoria da sintropia em 1941, a partir de estudos da mecânica quântica. Segundo ele, a sintropia é um processo que ocorre simetricamente ao processo da entropia, porém com polaridade oposta. Di Corpo e Vannini (2014) representam essa interação através da seguinte equação:

$$\text{Sintropia} = 1 - \text{Entropia}$$

Ou

$$\text{Entropia} = 1 - \text{Sintropia}$$

Fonte: (DI CORPO; VANNINI, 2014, p. 1 adaptado por MATSUMURA, 2015)

Ainda no trabalho de Vannini (2005) encontramos algumas descrições interessantes de Fantappiè sobre os fenômenos sintrópicos. De acordo com as descrições, o fenômeno sintrópico só pode ser influenciado indiretamente, através de um fenômeno entrópico específico que interage com o primeiro. O fenômeno sintrópico concentra matéria e energia. Na natureza, a sintropia e a entropia interagem constantemente. Neste sentido Götsch (1997) afirma:

“Dentro da vida também existem processos de combustão (entropia), porém, no balanço total, o maior peso cabe aos processos sintrópicos, e mesmo os processos entrópicos, dentro do sistema de vida, contribuem indiretamente para o aumento e fortalecimento da sintropia. Assim, cada animal é entrópico em si mesmo, porém, cada um tem a função de favorecer processos sintrópicos.” (GÖTSCH, 1997, p. 5)

Assim, o conceito da sintropia integra-se aos modelos de auto-organização, explicando que a entropia e a sintropia são conceitos complementares que estão constantemente interagindo. Através dos processos sintrópicos é possível a manutenção da vida, que se utiliza de mecanismos entrópicos para influenciar e aumentar a sintropia em seu ambiente.

Tais aspectos, trazem à tona um novo conhecimento. Segundo a sintropia e a auto-organização, a natureza é repleta de fenômenos que fazem convergir energia e matéria possibilitando a existência da vida. Assim, surge uma nova esperança frente a fatalidade da entropia e da morte térmica, segundo à qual, o fenômeno da vida é o maior exemplo dessa nova possibilidade. Ao constantemente gerar sistemas complexos, de baixo nível entrópico, os sistemas vivos nos apresentam a sintropia na prática, algo incompreensível na visão mecanicista. A agricultura sintrópica, como veremos, valhe-se deste entendimento, para buscar propiciar a fotossíntese nos agroecossistemas.

## **5.2. A Agricultura Sintrópica**

A agricultura sintrópica (Fig. 3b) absorve a fundamentação teórica dos modelos de auto-organização e da sintropia e as aplica em agroecossistemas, principal fonte energética para manutenção da vida humana.

O seu desenvolvimento está sendo realizado por Ernst Götsch, que há mais de três décadas vem produzindo os agroecossistemas sintrópicos, também chamados de sistemas agroflorestais dirigido pela sucessão natural (PENEIREIRO, 1999).

Ernst Götsch é suíço erradicado no Brasil, produtor de cacau no Sul da Bahia e reconhecido por seu trabalho na implantação de sistemas agrícolas biodiversos altamente produtivos e recuperadores de qualidade ambiental, tendo realizado trabalho em diversos biomas brasileiros e estrangeiros. Em 2015 Ernst foi premiado pela revista Trip em sua premiação

*TripTransformadores*<sup>5</sup>, e também foi selecionado pela revista internacional FoodTank em sua lista de 20 inovadores na proteção do planeta, *20 Innovators protecting the Planet #EarthDay2015*.<sup>6</sup>

Dayana de Andrade, criadora do site Agenda Götsch, escreve em uma breve biografia<sup>7</sup> do agricultor que, Ernst, partindo de uma fazenda com aproximadamente 500 hectares de áreas improdutivas (devido ao cultivo de mandioca nas encostas, criação de suínos nas baixadas e formação de pastagens com a utilização das queimadas nas margens das estradas), transformas em 120 hectares de Reserva Legal e 410 hectares de área reflorestada, dos quais 350 foram transformadas em RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural. Ao lado disso, recuperou 14 nascentes que haviam secado, tudo em meio a uma alta produção agrícola, cujos principais produtos são o cacau e a banana.

Em suas palavras, Ernst (1998 apud. PENEIREIRO, 1999) explica seu trabalho:

“Estou tentando criar, em cada parte do mundo onde intervenho como agricultor, agroecossistemas que sejam parecidos, na sua estrutura (ou sua forma de funcionar) e na dinâmica, ao ecossistema natural e original do lugar. Ao mesmo tempo, tento deixar como resultado de todas as minhas intervenções (operações), um resultado positivo no balanço de vida e de energia complexificada em carbono, tanto no subsistema da minha intervenção, quanto no macroorganismo Planeta Terra. Ou, em outras palavras: para cada passo que ando e para tudo em que intervenho, previamente me pergunto: o que posso fazer para que, como resultado da minha presença e das minhas intervenções nasça(m), se desenvolva(m) um sistema (sistemas) mais próspero(s), mais vida com toda a sua abundância e mais complexidade em todos os seus aspectos no Planeta Terra, do qual somos parte, e não mais importantes do que todas as outras espécies. Isto significa que, em todas as suas implicações e conseqüências, estritamente, nos

---

<sup>5</sup> (REDAÇÃO, 2015)

<sup>6</sup> (“20 Innovators Protecting the Planet #EarthDay2015 | FoodTank.com”, [s.d.])

<sup>7</sup>(ANDRADE; PASINI, [s.d.])

comportamos conforme o imperativo categórico de Kant<sup>8</sup>” (Götsch, E. comunicação pessoal, 1998 apud PENEIREIRO, 1999, p. 120).

Dessa maneira, percebemos que a noção da sintropia na agricultura se esclarece no sentido de que passamos a entender o potencial do ser humano como agente sintrópico. Não mais distanciado à natureza, mas em comunhão com ela.

Segundo Fabiana Peneireiro (1999), os fundamentos e conceitos desenvolvidos nos trabalhos de Ernst Götsch são:

“ i) replicar os processos que ocorrem naturalmente; ii) compreender o funcionamento do ecossistema original no local; iii) assim como uma forma de vida dá lugar a outra, criando condições ambientais satisfatórias, um consórcio também cria outro (baseia-se na sucessão natural); iv) inserir a espécie de interesse para o homem no sistema de produção dentro da lógica sucessional, tentando se basear na origem evolutiva daquela espécie (condições ambientais originais, consórcios que geralmente acompanham a espécie, suas necessidades ecofisiológicas, etc.).” (PENEIREIRO, 1999, p. 79)

Dessa maneira, compreende-se a sucessão natural, como a seta direcional em um ecossistema e, por tanto, em um agroecossistema, Ernst (1996) chama a isso “Força diretriz”. Segundo ele, os seres vivos em cada lugar formam consórcios, no qual cada membro contribui para a melhoria e aprimoramento de sua própria condição e dos membros do consórcio, afim de crescer prosperar e se reproduzir. A sucessão natural de espécies é o contínuo processo de transformação e diversificação temporal, em que cada indivíduo do consórcio é substituído por um novo, formando um novo consórcio. Tal que indivíduos e consórcios estão em constante processo de sucessão.

---

<sup>8</sup> “Imperativo categórico” de Kant: forma à priori de todas as leis morais que distingue das máximas ou regras da sensibilidade, dando-lhes o valor de obrigação absoluta, como os conceitos dão aos fenômenos o seu valor científico. Na Razão Prática encontra-se uma espécie de categoria, ou forma à priori cujo funcionamento depende da estrutura fundamental da natureza humana e que assim pode impor-se a todos os atos humanos e a todos os homens, para constituir a moral universal e necessária. O imperativo categórico é universal e não poderia mudar com as circunstâncias. Pressupõe obrigação pura, que exige para todo ato moralmente bom o desinteresse absoluto, o dever cumprido simplesmente pelo dever. Por meio do imperativo categórico, a Razão Prática formula um juízo sintético à priori fundamental, princípio supremo que confere um valor moral a todas as leis particulares. Kant deu desse imperativo três fórmulas: 1) “Age de tal modo que a tua ação possa servir de regra universal”; 2) “Age sempre de forma a tratar a humanidade, na tua pessoa como na dos outros, como um fim e nunca como um simples meio...”; 3) “Age de tal maneira que tua vontade possa considerar-se como estabelecendo, pelas suas máximas, leis universais” (Thonnard, 1968 apud PENEIREIRO, 1999, p. 79).

A sucessão natural também é determinante na recuperação de solos, uma vez que uma área degradada pode ser recuperada por esse processo. Entretanto, tal recuperação pode levar séculos. O ser humano, então, conhecedor dos conceitos da sucessão pode intervir através da agricultura a fim de acelerar e aprimorar o transcurso. Ernst (1996) descreve como ele atua:

“1 – Primeiro, identifico as espécies, os consórcios de espécies e as sucessões de consórcios mais favoráveis que ocorrem em solos e climas semelhante. Então, planto essas espécies ou suas substitutas, de acordo com seus consórcios naturais.

2 – A fim de aperfeiçoar os processos vitais, tento chegar à maior biodiversidade possível, ocupando todos os nichos gerados pelo mesmo sistema.

3 – Identifico o momento certo do começo de cada ciclo, ou seja, do plantio do novo consórcio, de maneira que cada espécie encontre as melhores condições para se estabelecer, crescer e, finalmente, começar a direcionar o crescimento da comunidade.

4 – Acelero o crescimento e a progressão da sucessão com a poda e a remoção das plantas que atingiram o estágio de maturidade e que, portanto, já cumpriram suas funções na melhoria do solo.”(GOTSCH, 1996)

Em vista dos passos descritos podemos, então, retomar a Figura 1, que representa o modelo energético da agricultura convencional e dar um novo sentido aos trabalhos realizados (Quadro 2), utilizando como bibliografia essencial o livro de Ernst Götsch (1996) *O Renascer da Agricultura*.

| Quadro 2 – Exemplos de trabalhos realizados na agricultura sintrópica                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nº                                                                                                                                                                                                       | Trabalho                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1                                                                                                                                                                                                        | - Plantio de espécies de interesse adequadas às condições ambientais da área a ser plantada. Permissão da entrada de espontâneas no sistema, também conhecidas como “erva daninhas”. Ou seja, potencialização, catalização dos processos de dispersão natural.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2                                                                                                                                                                                                        | - Aproveitamento máximo do potencial energético do sistema, permitindo a entrada das plantas espontâneas que protegem e melhoram o solo, além de contribuir com matéria orgânica, consequentemente com a fixação de nutrientes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3                                                                                                                                                                                                        | - Capina seletiva, no qual retira-se, em geral, espécies em estágio de maturidade. Reconhecendo, assim, a importância de todos os seres no cumprimento de sua função ecológica e sucessional.<br><br>- Poda, este procedimento quando bem realizado traz inúmeros benefícios: Rejuvenescimento das plantas em estágio de maturidade e a, consequente, aceleração do crescimento de todo o sistema; Liberação de matéria orgânica que pode ser utilizada, por exemplo, na cobertura do solo e sua consequente proteção, fertilização, melhoramento de textura e abundância de minhocas; Aumento da luminosidade para futuras gerações vegetais; Cria a possibilidade de direcionamento do sistema pela ação individualizada em cada planta; Prolonga o tempo de vida das espécies pioneiras de curta duração, aumentando sua capacidade de melhorar o solo. |
| 4                                                                                                                                                                                                        | Utilização das consideradas pragas como manifestações de necessidades de trabalho. Por exemplo, o surgimento espontâneo de trepadeiras em árvores pode indicar uma necessidade de poda, uma vez que, em muitos casos, as trepadeiras indicam a árvore em estágio senil.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5                                                                                                                                                                                                        | Reconhecimento da sucessão natural como preparadora de solos. Para tanto, o agricultor pode catalisar esse processo através de trabalhos, como os descritos neste quadro. Além da utilização de espécies chaves na preparação de solos, como, por exemplo, a mandioca, que é pouco exigente em relação a qualidade de solos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6                                                                                                                                                                                                        | Utilização de espécies com potencial sinérgico em suas interações.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Fonte: GOTTSCH, 1996 adaptado por MATSUMURA, 2015                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Nota <sup>1</sup> : Os números referem-se aos trabalhos como enumerados na Figura 1, apenas a nível de ilustração. Portanto, não se relaciona a qualquer ordem de grandeza temporal ou de significância. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Com estes novos trabalhos em mente, podemos analisá-los como potencializadores do fluxo energético, tal que sua energia investida deve retornar em forma de maior produtividade.

Comparativamente, a utilização dos recursos energéticos externos (recursos fósseis, por exemplo) também são potencializadores de fluxo energético. Entretanto, diferentemente do modelo convencional, a interação dos trabalhos realizados pela agricultura sintrópica com a biosfera, não a degrada. Pelo contrário, aumenta a capacidade desses recursos através da melhoria da qualidade do solo, da água, criando, conseqüentemente, maior estabilidade ao agroecossistema. Em outras palavras, o trabalho na agricultura sintrópica busca ter como produto final elementos com baixa energia entrópica, ou seja, sistemas de alta complexidade, produtos de alta qualidade e tudo isso através de técnicas cujas externalidades nunca ultrapassem, em nível energético, a energia resultante do agroecossistema.

Dentre as práticas de manejo no sistema de Ernst Götsch, duas técnicas que aceleram o processo sucessional são a capina seletiva e a poda. (GOTSCH, 1996; PENEIREIRO, 1999)

A capina seletiva consiste na retirada apenas de algumas plantas de interesse e de acordo com o estágio de desenvolvimento do sistema. No livro *O Renascer da Agricultura*, Ernst Götsch exemplifica a capina seletiva em um dado sistema explicando que para o caso foram retiradas ou cortadas somente as plantas pioneiras (gramíneas, herbáceas e trepadeiras) quando senescentes ou maduras, poupando as plantas que ocupam uma posição mais avançada na sucessão e aquelas jovens que não completaram sua função.

Segundo Götsch (1995) as plantas jovens e aquelas espontâneas provenientes da regeneração natural podem estimular o crescimento das espécies de interesse e afastam pragas e doenças. Outra de sua função é a proteção do solo e a melhoria do mesmo, fornecendo matéria orgânica dinamizando a ciclagem de nutrientes e melhorando a estrutura do solo.

A poda, por sua vez, cumpre o papel de rejuvenescer o agroecossistema e fornecer biomassa a este. Neste sentido, os critérios de poda são a maturidade das árvores e arbustos, que são podados quando em estágio de maturidade; o cumprimento de sua função dentro da sucessão, tendo seu sucessor já o substituindo e adequação na estratificação da comunidade (PENEIREIRO, 1999).

Assim, a poda interfere na disponibilidade de luz, espaço e oferta de matéria orgânica no sistema (GOTSCH, 1996), sendo essencial uma análise do indivíduo a ser podado, bem como dos indivíduos ao seu redor e do momento do sistema como um todo. Penereiro (1999), neste sentido afirma:

“A poda interferindo na mudança de espaço na estratificação, disponibilidade de luz, de biomassa, acaba por atuar como um instrumento de manejo para corrigir tensões no sistema. A poda é então efetuada a partir de observações arquiteturais, pelo ataque de patógenos, de formigas cortadeiras, de insetos herbívoros ou bracadores, de abelhas arapuá, etc.” (PENEIREIRO, 1999, p. 87 - 88)

Assim, a poda ora realizada pelos agentes naturais em um sistema sem a interferência humana, se bem compreendida atua como um direcionador do sistema, acelerando sua sucessão natural.

Outro aspecto fundamental desta técnica é que através dela disponibiliza-se nutrientes das camadas mais profundas do solo para a superfície (PENEIREIRO, 1999), uma vez que os nutrientes fixados pelas profundas raízes e trazidos às folhas, por exemplo, são liberados em forma de matéria orgânica para a superfície, contribuindo para a ciclagem de nutrientes. Este fato, também nos mostra a importância dentro desta lógica de se manter sistemas biodiversos, tal que cada espécie é capaz de absorver e, portanto, disponibilizar diferentes nutrientes de diversos horizontes subsuperficiais.

Um sistema agroflorestal é um sistema alternativo de produção agropecuária que reproduz um ambiente natural ao combinar espécies agrícolas com espécies florestais, simultânea ou em sequência temporal, havendo interações ecológicas e econômicas entre os componentes e minimizando assim o efeito da intervenção humana (NAIR, 1990). De forma geral, como apresenta Peneireiro (1999), a implantação de um sistema agroflorestal orientado pela sucessão natural exige uma concentrada mão-de-obra, especialmente no momento da implantação. As intervenções no manejo devem buscar ser precisas e delicadas, exigindo uma maior atenção do agricultor quanto mais sintropia se busca atingir. Contudo, as condições de trabalho em um sistema sintrópico são muito mais agradáveis se comparados aos serviços braçais demandados pela agricultura convencional e o manejo exigente pode ser considerado estimulador interessante, porque resgatam o conhecimento tradicional, tornam o agricultor consciente do processo e protagonista deste e com o passar do tempo a auto-organização do sistema começa a necessitar de menos intervenções, tornando-se mais produtiva. (PENEIREIRO, 1999)

Assim, para conseguirmos interferir com sucesso nos agroecossistemas, criando ambientes produtivos e sintrópicos, necessitamos criar intimidade com a área que pretendemos cultivar, com as plantas que pensamos em plantar, e com as interações desses cultivos com as espécies

loais (GOTSCH, 1996). Ou seja, a técnica da agricultura sintópica não vem empacotada. Ela exige sensibilidade, amor e conhecimento.

A agricultura sintrópica propõe uma nova relação com respeito à agricultura e com a natureza. Nas palavras de Ernst Götsch:

“A agricultura, dessa forma, passa a ser uma tentativa de harmonizar as atividades humanas com os processos naturais de vida, existentes em cada lugar que atuamos. Para conseguirmos isto é preciso que haja em nós mesmos uma mudança fundamental, uma mudança na nossa compreensão da vida.” (GÖTSCH, 1997, p. 5)

Assim, um dos maiores desafios para a agricultura sintrópica constitui na mudança individual. Em que cada ser busque compreender de que maneira pode intervir em sistemas afim de gerar sintropia.



Fig. 3 – Imagem de um (a) sistema de agricultura convencional em Campinas, SP, em comparação com um (b) sistema de agricultura sintrópica em Brasília, DF. Fonte: (a) Embrapa; (b) Agenda Götsch.

### 5.3. Agricultura Sintrópica e seus novos caminhos

Como vimos, em um contexto de crise a agricultura sintrópica mostra-se como um modelo possível de alternativa na busca da sustentabilidade. Entretanto, por se tratar não apenas de uma técnica, mas de um modelo recheado de conceitos novos à nossa sociedade, percebe-se aí o desafio de incorporar estes conceitos para, então, escalonar este conhecimento, transmiti-lo, reproduzi-lo. Alguns movimentos, tem buscado transmitir o conhecimento do trabalho de Ernst Götsch em diferentes níveis. E são eles que exploraremos neste capítulo.

#### 5.3.1. Agenda Götsch<sup>9</sup>

A Agenda Götsch é um projeto de Dayana Andrade e de Felipe Pasini, cujo intuito é transmitir o conhecimento relacionado a agricultura sintrópica através de uma plataforma online.

Nesta plataforma eles concentram textos escritos pelo próprio Ernst e vídeos produzidos por ambos em que documentam o manejo, fazem entrevistas e apresentam casos da aplicação da agricultura sintrópica.

Seu mais recente vídeo *Life in Syntropy*, ilustres pesquisadores como Antônio Nobre, Janine Benyus e Fritjof Capra depõem enfatizando a importância do tema agricultura na discussão da sustentabilidade e da relevância do modelo de agricultura sintrópica. Como resultados, o vídeo obteve mais de 40 mil visualizações pelas plataformas Vimeo e Youtube em menos de um mês. Além disso, em conjunto com a Fazenda da Toca, o vídeo foi apresentado na **COP 21 em Paris** na França e na **Basília de São Pedro** no Vaticano pelo projeto Fiat Lux<sup>10</sup>.

#### 5.3.2. Sítio Semente<sup>11</sup>

O sítio Semente (Figura 4), localizado em Brasília – DF, é uma agrofloresta que segue os ensinamentos de Ernst Götsch há 8 anos. À frente do sítio estão Juã Pereira e Daniel Carneiro. Além de cultivar produtos com alta produtividade, o Sítio foi tema do vídeo *Da Horta à Floresta* do projeto Agenda Götsch (2015).

O sítio promove há anos cursos de Sistemas Agroflorestais embasados nos conhecimentos de Ernst Götsch. Este curso é composto por aulas práticas e teóricas de manejo de sistemas

---

<sup>9</sup> (ANDRADE; PASINI, [s.d.])

<sup>10</sup> (©2015 VULCAN, [s.d.])

<sup>11</sup> (MEDEIROS, 2013)

agroflorestais orgânicos, com abordagens sobre sementes, preparo do solo, plantio e desenvolvimento das espécies. Sua duração é de 3 dias. Através dos cursos realizados no sítio Semente, uma nova leva de agricultores tem buscado reproduzir sistemas sintrópicos em diferentes regiões do país.



Figura 4 – Imagem aérea do sítio Semente em Brasília, DF, mostrando os dois fragmentos em meio à matriz. Fonte: Agenda Götsch.

### 5.3.3. Fazenda da Toca<sup>12</sup>

A Fazenda é uma fazenda de produção 100% orgânica, localizada em Itirapina – SP. Sua área compreende 2300 hectares com produções de leite, ovos, frutas e grãos certificados. Além da produção agrícola, a fazenda também possui um complexo industrial em que manufatura seus produtos, embalando os ovos, produzindo requeijão, iogurtes, queijo e outros derivados e sucos.

Dentro da área da Fazenda da Toca, ainda tem-se o Instituto Toca, que mantém uma escola de Educação Infantil, em que as próprias crianças possuem seu Sistema Agroflorestal.

A Fazenda da Toca tem, há alguns anos, pesquisado os sistemas agroflorestais sob a supervisão de Ernst Götsch (Figura 5). E recentemente organizou, através do Instituto Toca, um curso de Sistemas Agroflorestais em Grande Escala<sup>13</sup> e outro Curso Preparatório para a Formação em Agricultura Sintrópica, com o intuito de posteriormente criar um espaço de formação continuada em agricultura sintrópica.

<sup>12</sup> ("Fazenda da Toca", [s.d.])

<sup>13</sup> (SEMIS, [s.d.])



Fig. 5 – Imagem de um sistema de agricultura sintrópica da Fazenda da Toca em Itirapina, SP. Fonte: Agenda Götsch.

## 6. Conclusões

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma interpretação da agricultura convencional a partir de conceitos da biofísica, verificando que a entropia está presente em diferentes níveis do sistema agrícola moderno e é reprodução de uma sociedade em que apenas alguns fluxos energéticos são contabilizados em detrimento de outros. Ele também apresentou os modelos de auto-organização e a sintropia, reconhecendo nesses processos os artificios da possibilidade de se existir vida. Percebemos que a entropia e a sintropia caminham juntas, uma complementando a outra. Além disso, apresentamos a agricultura sintrópica, exemplificando alguns dos trabalhos sintrópicos que compreendem o manejo de um agroecossistema e como eles contribuem para a dinamização do sistema, catalisando assim os processos naturais. Finalmente, apresentamos alguns projetos que atuam no aspecto crucial da sintropia, a transmissão da informação para gerar conhecimento.

De um modo geral, verificamos que é procedente uma análise da agricultura convencional evidenciando seu caráter entrópico. Sendo assim, a primeira hipótese de que reproduzimos sistemas entrópicos, que esvaem a energia disponível (baixa entropia) e a transforma em energia indisponível (alta entropia) tem sentido. Seguindo o modelo capitalista de produção, a agricultura convencional se atém a quantidade em detrimento da qualidade, acelerando a entropia em seu sentido convencional, rumo à morte térmica.

Também, realizamos a conceituação da biofísica, como disciplina capaz de aplicar-se em diferentes campos de estudo, mostrando-se útil na avaliação de sistemas. Conceituamos, ainda, a termodinâmica e suas Leis e a sintropia. Por fim, vimos que a agricultura sintrópica extrapola a técnica e pede por uma aproximação do ser humano com a natureza e seus processos naturais. A agricultura sintrópica também entende o ser humano como potencial agente catalisador do processo de sucessão natural, tal que a interação com a natureza é mais que natural, ela é desejada.

Diante da revisão realizada, podemos considerar o objetivo de analisar a agricultura convencional e apresentar a agricultura sintrópica como tendo sido cumprido.

A agricultura sintrópica não pode ser considerada definida aqui. Ernst a mantém em constante desenvolvimento e sua definição, ao menos por enquanto, não tem sentido. Até por esse motivo, a pesquisa voltada a agricultura sintrópica certamente ainda pode contribuir muito para uma nova postura com relação a natureza, a agricultura e ao próprio ser humano.

Neste sentido, a compreensão da possibilidade de interações sintrópicas nos abre a um novo mundo de possibilidades. A ordem é fazer-se ser “querido”, como Ernst costuma dizer. Em outras palavras, cumprir sua função da melhor maneira possível, visando atuar de maneira sintrópica nos sistemas do micro ao macro. A agricultura, assim, espelhará a sintropia ou a entropia, a depender de nossa maneira de agir.

## 7. Referências Bibliográficas

©2015 VULCAN, I. **FIAT LUX: Illuminating Our Common Home**. Disponível em: <<http://ourcommonhome.world/>>.

**20 Innovators Protecting the Planet #EarthDay2015 | FoodTank.com**. Disponível em: <<http://foodtank.com/news/2015/04/20-innovators-protecting-the-planet-earthday2015>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à idéia de desenvolvimento (rural) sustentável. **Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**, p. 33–55, 2009.

ANDRADE, D.; PASINI, F. **Agenda Götsch**. Disponível em: <<http://agendagotsch.com/about/>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

ATKINS, P. **Princípios de Química Incompleto Atkins - Princípios de Química**, 2001.

BERTALANFFY, L. The Theory of Open Systems in Physics and Biology. **Science**. v. 111. 1950.

BEUS, C. E.; DUNLAP, R. E. **Conventional versus Alternative Agriculture: The Paradigmatic Roots of the Debate**. **Rural Sociology**, 1990. Disponível em:  
<<http://ezproxy.csu.edu.au/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=13048528&site=ehost-live>>

CAPRA, F. **A Teia da vida : uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. 5. ed. - ed. São Paulo: São Paulo : Cultrix, 2001.

CARMO, M. S. DO. Agroecologia: novos caminhos para a agricultura familiar. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p. 28–40, 2008.

CLEVELAND, C. J. Biophysical economics: Historical perspective and current research trends. **Ecological Modelling**, v. 38, n. 1-2, p. 47–73, set. 1987.

DI CORPO, U. The Balancing Role of Entropy / Syntropy in Living and Self- Organizing Systems: QUANTUM PARADIGM. **Wise Journal**, v. 3, n. 2, p. 29 – 31, 2014.

DI CORPO, U.; VANNINI, A. A Retrocausal Model of Life. In: JONES, Z. et al. (Eds.). . **Filters and Reflections: Perspectives on Reality**. Princeton, New Jersey: ICRL Press, 2009. p. 231 – 244.

DI CORPO, U.; VANNINI, A. **SYNTROPY AND SUSTAINABILITY** Proceedings of the 58th Meeting of ISSS. **Anais...** Washington DC: 2014 Disponível em:  
<<http://journals.iss.org/index.php/proceedings58th/article/view/2176>>

EMBRAPA. **Agroecologia: Princípios e Técnicas para uma Agricultura Orgânica Saudável**. 1ª ed ed. Brasília, DF: Embrapa, 2005.

EMBRAPA. **Transbordo da Cana-de-açúcar ao transporte**. 2013. Disponível em:  
<<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1066005/transbordo-da-cana-de-acucar-ao-transporte>>. Acesso em: 19 jan 2016

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The Energy and Agriculture Nexus** Environmental and Nature Resources Working Paper.

Rome: [s.n.].

**Fazenda da Toca.** Disponível em: <<http://fazendadatoca.com/>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

FERREIRA, A. D. D. **Processos e sentidos sociais do rural na contemporaneidade : indagações sobre algumas especificidades brasileiras** XXIX Encontro Nacional de Estudos Rurais e Urbanos. [s.l: s.n.].

FRONCHETI, A.; ZAMBERLAM, J. **Agricultura Ecológica.** 2ª Ed. ed. Petrópolis, RJ: [s.n.].

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

GIAMPIETRO, M.; CERRETELLI, G.; PIMENTEL, D. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 38, n. 3, p. 219–244, 1992.

GOTSCH, E. **O Renascer da Agricultura**, 1996.

GÖTSCH, E. Homem e natureza: cultura na agricultura. **Recife: Centro Sabiá**, 1997.

KUHN, T. S. **The Structure of Scientific Revolutions.** [s.l: s.n.]. v. II

MADISON, M. G. “Potatoes Made of Oil”: Eugene and Howard Odum and the Origins and Limits of American Agroecology. **Environment and History**, v. 3, n. 2, p. 209–238, 1997.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** [s.l: s.n.].

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth : a report for the Club of Rome’s project on the predicament of mankind.** New York: New York : Universe Books, 1972.

MEDEIROS, É. Sítio Semente. **Jornal Correio Braziliense**, 2013.

MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2015.** Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.5+-+Cap%C3%ADtulo+3+-+Consumo+de+Energia+por+Setor+%28PDF%29/2e6c2da0-a6e0-458b-9767-07ea1ba30d07?version=1.0>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

MONTE, A. L. Z. Sintropia em agroecossistemas : subsídios para uma análise bioeconômica.

2013.

NAIR, P. K. R. **The prospects for agroforestry in the tropics**. World Bank Technical Paper Number. P.131. 1990.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6th. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

ODUM, H. T. Energetics of World Food Production. **The World Food Problem: Report of the Panel on the World Food Supply**, v. III, n. September, p. 55 – 94, 1967.

OLIVEIRA, A. U. DE. **Modo Capitalista de Produção, Agricultura e Reforma Agrária**. 1<sup>a</sup> Ed ed. São Paulo: Labur Edições, 2007.

PENEIREIRO, F. M. Sistemas Agroflorestais Dirigidos Pela Sucessão Natural : Um Estudo De Caso Sistemas Agroflorestais Dirigidos Pela Sucessão Natural : Um Estudo De Caso. p. 138, 1999.

PIMENTEL, D. et al. Energy Inputs in Crop Production in Developing and Developed Countries. In: **Food Security and Environmental Quality in the Developing World**. [s.l.] CRC Press, 2002.

PIMENTEL, D. Energy Inputs in Food Crop Production in Developing and Developed Nations. **Energies**, v. 2, n. 1, p. 1–24, 2009.

PRIGOGINE, I. **Introduction to thermodynamics of irreversible processes**. 3. ed. - ed. New York: New York : Interscience, 1967.

REDAÇÃO. **TripTransformadores 2015**. Disponível em: <<http://revistatrip.uol.com.br/trip-transformadores/o-melhor-do-trip-transformadores-2015>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

SANTOS, R. R. DOS. A Territorialização Do Capital E As Relações Camponesas De Produção. p. 40–54, 2007.

SCHRODINGER, E. What is Life? 1944.

SEMIS, L. **“Agrofloresta em larga escala” é tema de curso no interior de SP**. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/agrofloresta-em-larga-escala-e-tema-de-curso-interior-sp-862201.shtml>>.