

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DA SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

ANDRÉ VINÍCIUS FREIRE BALEEIRO

**Reconectando agricultura e resíduos orgânicos: em busca de uma
agricultura urbana sintrópica.**

São Carlos

2015

ANDRÉ VINÍCIUS FREIRE BALEEIRO

Reconectando agricultura e resíduos orgânicos: em busca de uma agricultura urbana sintrópica.

Monografia apresentada ao
curso de graduação em
Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de
São Carlos da
Universidade de São Paulo

Orientador:

Prof. Dr. Valdir Schalch

São Carlos

2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Baleeiro, André Vinicius Freire
B183r Reconnectando agricultura e resíduos orgânicos: em
busca de uma agricultura urbana sintrópica / André
Vinicius Freire Baleeiro; orientador Valdir Schalch.
São Carlos, 2015.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2015.

1. Agroecologia. 2. Sintropia. 3. Resíduos sólidos.
4. Crise ambiental. 5. Permacultura. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **André Vinicius Freire Baleeiro**

Data da Defesa: 29/06/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

Valdir Schalch (Orientador(a))

APROVADO

Maria Olímpia de Oliveira Rezende

Aprovado

Patricia Cristina Silva Leme

APROVADO



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

A Natureza, pois essa seria a forma mais ampla de demonstrar gratidão aos meus pais, familiares, amigos, professores, funcionários da universidade, companheiros/as de caminhada, à vida, às vivências, oportunidades, experiências, ao alimento, ao ambiente, aos sonhos...

RESUMO

BALEEIRO, A. V. F. **Reconectando agricultura e resíduos orgânicos: em busca de uma Agricultura Urbana Sintópica**. São Carlos, 2015. Monografia de Trabalho de Graduação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

A Agroecologia é uma ciência que, além de integrar os conhecimentos tradicionais, traz uma multiplicidade de elementos em sua construção. Essa multiplicidade não é contemplada pelo Paradigma Cartesiano-Newntoniano que ainda embasa boa parte da produção científica. Por isso, a partir do Paradigma Sistêmico este trabalho busca reconstruir conhecimentos das ciências naturais que acarretam em distorções diante da postura do ser humano na Terra. Dentre estas: A Termodinâmica Clássica, que pela postulação de suas três leis, não representa o comportamento dos organismos vivos em sua totalidade; A Agronomia Clássica, que, por sua construção científica ter origem nos países de clima temperado, não compreende a dinâmica dos solos tropicais; e a Gestão de Resíduos Sólidos, que, acompanhando o desenvolvimento das cidades, buscou no Brasil soluções técnicas para esconder os resíduos ao invés de reinseri-los à ciclagem de nutrientes. Diante da crise ambiental vivida atualmente, a produção científica deve repensar o reducionismo para tratar do ecossistema terrestre, aproveitando os resíduos como fonte de nutrientes e não mais como fonte de gastos e problemas. O termo sintropia pode explicar de forma mais completa o comportamento termodinâmico das teias ecológicas e endossar a busca pela sustentabilidade, termo este que muitas vezes é utilizado de forma dúbia. Por fim relata-se uma experiência de 4 anos de manejo de um quintal agroecológico de 200 m², com mais de 60 espécies e intensa entrada de matéria orgânica e aporte de biomassa, para reconstituição da fertilidade do solo ao mesmo tempo que funciona como Unidade Descentralizada de Compostagem e horta urbana.

Palavras-chave: Agroecologia, Sintropia, Resíduos Sólidos, Crise Ambiental, Permacultura.

ABSTRACT

BALEEIRO, A. V. F. **Reconnecting agriculture and organic wastes: seaching for a syntropic urban agriculture.** São Carlos, 2015. Monografia de Trabalho de Graduação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

Agroecology is a science that, in addition to integrate traditional knowledge, brings a multiplicity of elements in its construction. This multiplicity is not contemplated by the Cartesian-Newntonian Paradigm that still underlies much of the scientific production. So, from the Systemic Paradigm this work tries to reconstruct some knowledge of the natural sciences that leads to distortions in vision and attitude of the human being toward the Earth. Among these: Classical Thermodynamics, that, through the postulation of its three laws, does not represent entirely the behavior of living organisms; The classic Agronomy, from which scientific production come mostly from temperate countries, does not understand the dynamics of tropical soils; and Solid Waste Management, which, following the development of cities in Brazil, sought technical solutions to hide the waste rather than reinsert them in the nutrient cycling. Due to the environmental crisis facing today, scientific production should rethink reductionism to treat with the Earth's ecosystem, taking advantage of waste as a source of nutrients and no longer as a source of costs and problems. The term syntropy can explain more fully the thermodynamic behavior of ecological webs and endorse the quest for sustainability, a term that is often used dubiously. Finally, this monograph reports a 4-year experience managing an agroecological yard of 200 m², more than 60 species of plants and high input of organic matter and biomass, for reconstitution of soil fertility at the same time functioning as a Decentralized Composting Unit and as an urban garden.

Keywords: Agroecology, Sintropy, Solid Waste, Environmental Crisis, Permaculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa Conceitual da indissociabilidade entre Questão Ambiental e as Questões Sociais	5
Figura 2 – Porcentagens da luz solar emitida que compõem a produtividade da planta	18
Figura 3 – Mapa Conceitual da centralidade do papel ecológico das plantas.....	20
Figura 4 – Diagrama de um sistema agroecológico de administração familiar	22
Figura 5 – Análise sistêmica do contexto socioambiental	36
Figura 6 - Fluxo de recursos materiais e financeiros	39 - 40
Figura 7 – Trabalho de Compostagem em 1481	41
Figura 8 – Aterro Sanitário do Município de São Carlos recém-inaugurado	47
Figura 9 – O que são Mapas Conceituais?	51
Figura 10 – Áreas passíveis de se realizar Agricultura Urbana no Centro de São Carlos-SP ...	57
Figura 11 – Entrada do quintal no segundo semestre de 2011	58
Figura 12 – Fluxograma de entrada e saída de matéria do Quintal	59
Figura 13 – Produção de alimento e semente a partir de agricultura urbana.....	59
Figura 14 – Cercamento do canteiro de plantas medicinais para impedir a entrada dos animais	60
Figura 15 – Construção de uma mini-estrutura para a composteira com retirada do composto pronto. Produção de 5 baldes e utilização para plantio	61
Figura 16 – Manejo da área com plantio de feijão-guandú (adubação verde) e abertura da área para instalação da tenda	61
Figura 17 – Foto do quintal após dois meses sem manejo em fevereiro de 2015	62
Figura 18 – Bananal sob ataque da broca-da-banana sendo utilizada como fonte de matéria orgânica.....	63
Figura 19 – Trincheiras de absorção de matéria orgânica	64
Figura 20 – Preparação do canteiro circular	64
Figura 21 – Colocação dos tocos de bananeira.....	65
Figura 22 – (a) Restos de poda e capina dispostos em via pública (b) Limpeza de canaleta de drenagem urbana formando composto de aparente boa qualidade	67
Figura 23 – Recebimento de resíduos orgânicos de restaurantes e restos de poda e capina para realização de compostagem na Horta Municipal de São Carlos (fevereiro 2013)	68
Figura 24 – Preparação dos Canteiros para plantio de Horta Agroecológica em estágio no exterior. Associazione Biodiversity, Bologna – Itália, 2014.....	70
Figura 25 – Horta Agroecológica com crescimento das plantas. Associazione Biodiversity, Bologna – Itália, 2014.....	70
Figura 26 – Residências universitárias tendem a gerar mais recicláveis e menos orgânicos que a média nacional	71
Figura 27 – Acúmulo de Resíduos Sólidos para reutilização	72
Figura 28 – Utilização de pallets e bobinas para prática de agricultura urbana fora do solo. Associazione Biodiversity, Bolonha - Itália, 2014.....	72

Figura 29 – Mesas, bancos e pergolados feitos com estrados, caixas de feira e madeiras encontradas em caçambas de lixo.....	73
Figura 30 – Reutilização de pneus, garrafas PET e potes de plástico como vasos para plantas e espumas e caixas de ovo (encontrados na rua) para isolamento acústico do atelier de arte	73
Figura 31 – Fluxograma de entradas e saídas de habitação convencional sem quintal	74
Figura 32 – Fluxograma de entradas e saídas da habitação em estudo.....	75
Figura 33 - Fluxograma de Quintal com diversas tecnologias de redução de impacto	76
Figura 34 – Canteiro Circular com rúcula no ponto de colheita, salsinha, cenoura, alface e abóbora. Apenas um raleamento e poucas regas feitas	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronologia das publicações históricas em torno do princípio da sintropia	13 - 14
Tabela 2 – Retorno da matéria orgânica (M.O.) ao solo por ano	19
Tabela 3 – Composição de rocha, planta e homem	38
Tabela 4 – Valores da Variação da Entalpia de formação ($\Delta_f H$) e Entropia (S) dos produtos e reagentes da Fotossíntese	53
Tabela 5 – Fatores que favorecem a espontaneidade	53
Tabela 6 – Levantamento das espécies de plantas presentes no Quintal	66
Tabela 7 – Frequência de destinação dos resíduos orgânicos à compostagem durante um mês.....	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	6
LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	7
3. O Paradigma Cartesiano e a Abordagem Sistêmica/Holística	7
3.1. A Termodinâmica da Vida	9
3.2. Fotossíntese nas regiões tropicais	15
3.2.1. Produtividade Primária Líquida	17
3.3. Metodologia Emergética	21
4. Questão Socioambiental	24
4.1. Agricultura em suas diversas formas	26
4.1.1. Permacultura	27
4.1.2. Agroecologia	28
4.1.2.1. Relação entre matéria orgânica e fertilidade do solo	30
4.2. Questão Urbana	34
4.3. A questão dos Resíduos Sólidos: Por uma abordagem também Histórica e Ecológica	37
4.3.1. Ciclo de Nutrientes	37
4.3.2. A História do “Lixo”	41
4.3.3. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos	45
5. METODOLOGIA	49
5.1. Descrição da área de estudo	50
5.2. Experimentação de ferramentas de construção de Mapas Conceituais e Fluxogramas	50
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
6.1. Discussões acerca da Termodinâmica da Vida	52
6.2. Realizando agricultura sintrópica no contexto urbano: O caso de um quintal agroecológico	56
6.2.1. Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos	70
6.3. Análise de Fluxos de três residências	73
7. CONCLUSÃO	76
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO I	85
ANEXO II	87

1. INTRODUÇÃO

A história da matéria encaixa-se na história cosmológica, a história da vida na história da matéria. E, por fim, nossas próprias vidas estão mergulhadas na história da sociedade (PRIGOGINE, 1996, p. 192).

Cada período histórico nos impõem dificuldades, e no convívio com essas dificuldades a busca por superá-las se torna o motor da criação. A partir dessa dialética, às próximas gerações é deixado um acúmulo para que não se tenha que partir do zero. Acredita-se que a dicotomia Ser Humano e Natureza seja uma importante contradição a se tratar neste século. Mas para melhor compreender o momento atual, necessita-se rever o passado.

Houve um momento no final do século XIX que as diversas inovações no campo da Mecânica, Elétrica, Química, Arquitetura e Artes criaram um conforto às classes mais abastadas gerando um sentimento de que eles estavam próximos da compreensão de tudo o que necessitavam. Lord Kelvin, um importante cientista da virada do século chega a recomendar que os jovens não se dedicassem a Física, pois segundo ele faltavam apenas alguns detalhes pouco interessantes a se resolver (MARTINS, 2001).

Mas esse sentimento logo se mostra efêmero com o capitalismo demonstrando seu outro, e mais brutal, lado, a guerra. Um pouco antes da 1ª Guerra Mundial, descobertas científicas já tratavam de desconstruir essa ideia da compreensão quase que completa das chamadas “leis da natureza”.

Os avanços no estudo da Elétrica, Astronomia e Química Molecular notavam cada vez mais que a mecânica clássica e suas leis não conseguiam descrever os fenômenos estudados. Caem por terra as certezas e se passa a trabalhar com probabilidades.

Hoje, na ciência, se tem menos leis e mais teorias. Dentre estas, a da criação do universo. Das observações de Hubble e Humason que galáxias distantes estariam se afastando em altíssimas velocidades se constrói a teoria do Big Bang (SAGAN, 1980). Além do Big Bang alguns cientistas defendem o

Big Crunch relacionando com matéria e energia escura, dimensões multiplas etc.

No campo da energia, Feynman et al. (2006, cap. 4) afirma:

It is important to realize that in physics today, we have no knowledge of what energy is... There is a fact, or if you wish, a law, governing all natural phenomena that are known to date. There is no known exception to this law—it is exact so far as we know. The law is called the conservation of energy. It states that there is a certain quantity, which we call energy, that does not change in the manifold changes which nature undergoes. That is an abstract idea, because it is a mathematical principle; it says there is a numerical quantity which does not change when something happens. It is not a description of a mechanism, or anything concrete; it is just a strange fact that we can calculate some number and when we finish watching nature go through her tricks and calculate the number again, it is the same [...]

As fontes de energia que percebemos no planeta Terra são a gravidade, a energia geotérmica, a energia nuclear (proveniente de fissão nuclear) e a energia solar (proveniente de fusão nuclear). Com a teoria da dualidade onda-partícula, hoje sabemos que a luz também pode se comportar como partícula, e com uma melhor compreensão da fotossíntese sabemos que a biomassa é energia solar condensada e transformada em energia química.

Nem a termodinâmica escapou à crise científica do cartesianismo. Diversos cientistas questionam a infabilidade ou apontam as limitações da 2ª lei da termodinâmica, também conhecida como a lei da entropia. Se o sentido natural da mudança segue sempre um aumento da desordem de energia e de matéria o que seriam os organismos vivos? Estruturas longe do equilíbrio? Estruturas formadoras de entropia negativa? Singularidades que desenvolveram estruturas dissipativas ou estruturas que respondem a um tempo supercausal, ou seja, causas do futuro? (SCHRÖDINGER, 1944; PRIGOGINE, 2002; DI CORPO, 2013).

O tempo também é outra incógnita. Quando surge o tempo? Com o surgimento do universo? O que rege o tempo? Para Eddington, a entropia é a

seta do tempo, para os físicos clássicos o tempo é reversível, para Einstein o tempo não é absoluto, para Fantappiè e Di Corpo o futuro pode interferir no presente (PRIGOGINE, 2002; CARVALHO, 2012; DI CORPO, 2013).

A Ecologia (oikos= casa, logia= estudo), como seu próprio nome diz, não poderia continuar alheia à todos esses fenômenos que compõem a dinâmica do meio biótico e abiótico. Seu desenvolvimento no século XX se torna cada vez mais intrincado com a percepção de que isolar as partes para estudá-las, como procede o método reducionista, resultaria na perda de muitos fatores.

O desenvolvimento do Método Sistêmico, integrando a abordagem ecológica e holística, se mostra fundamental para compreender a crise ambiental vivida na atualidade. E é com esse intuito que este trabalho foi escrito. Mais do que um trabalho, um exercício de desconstruir a lógica formal ensinada na escola e construir um pensamento integrador.

Assim como na Física e Química a humanidade ainda tem muito o que compreender na Biologia e Ecologia. O desenvolvimento capitalista concentrou a população global nos grandes centros urbanos distanciando-os do convívio com a terra, as plantas, a fauna e o ambiente não antropizado. Devemos agora nos perguntar se o essencial não está sendo destruído em nome do supérfluo.

O Levantamento Bibliográfico do trabalho foi dividido em dois capítulos. O capítulo três aborda a Filosofia Científica e a necessidade de um novo paradigma para a ciência que no caso é a Abordagem Sistêmica. Seus sub-capítulos começam a inserir o debate ambiental a partir da compreensão da termodinâmica dos organismos vivos, da fotossíntese e do fluxo energético dos ecossistemas.

O quarto capítulo apresenta a questão ambiental, partindo do pressuposto que a questão ambiental e social são indissociáveis (figura 1). Portanto, de um ponto de vista geográfico, observa-se tanto o urbano quanto o rural. Neste se trabalha com a base de produção da nossa sociedade, a agricultura, anunciando a agroecologia como modelo defendido, e naquele como local onde mais de 80% da população brasileira habita (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010).

Na Questão Socioambiental, analisado o urbano e o rural, se dá maior foco à questão dos resíduos sólidos. A partir de uma abordagem ecológica observa-se os resíduos como nutrientes e energia. O levantamento da história dos resíduos serve para compreender a dimensão cultural do “lixo” e o sub-capítulo sobre gestão e gerenciamento de resíduos sólidos trás a situação vivida pelo Brasil e por São Carlos - SP nessa área.

Por fim, o estudo de caso de um quintal que realiza agricultura urbana, compostagem e reuso de materiais há mais de 4 anos serve como objeto para analisar a consistência do termo Agricultura Sintrópica (GÖTSCH, 1995). Este termo, muito ligado ao da sustentabilidade, permitiria um avanço ao evitar a incorporação do termo sustentável ou ecológico em diversos empreendimentos capitalistas altamente impactantes ao meio ambiente.

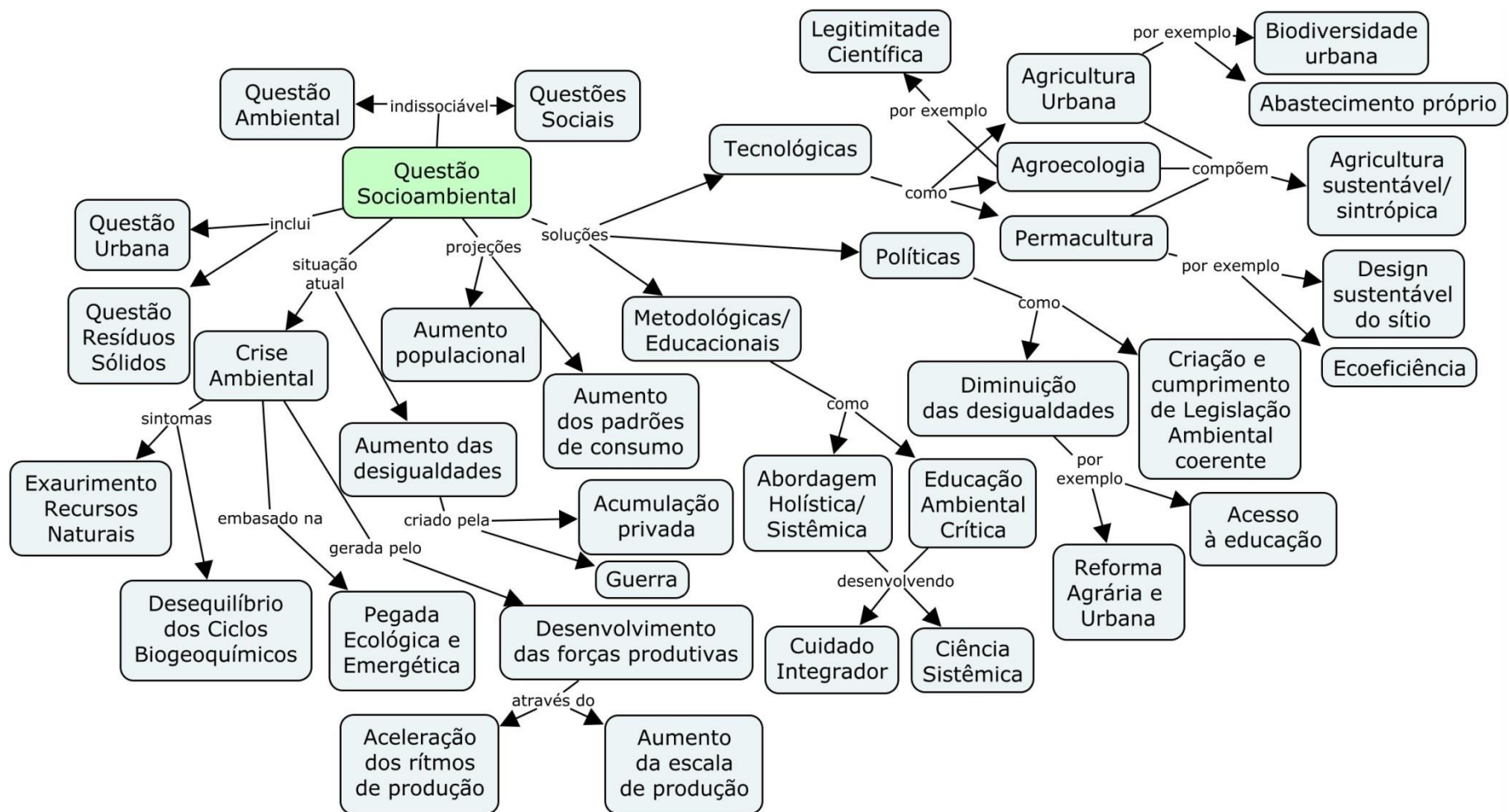


Figura 1 – Mapa Conceitual da indissociabilidade entre Questão Ambiental e as Questões Sociais.

2. OBJETIVOS

- Discutir a abordagem Sistêmica para tratar da Termodinâmica e da Questão Socioambiental
- Compreender a Questão dos Resíduos Sólidos na sociedade contemporânea apartir de um resgate histórico.
- Propor a Agricultura Urbana de base Ecológica com princípios da Permacultura para a redução dos impactos ambientais do desenvolvimento urbano.
- Analisar a consistência do termo Agricultura Sintrópica.
- Analisar a sustentabilidade das residências atuais e propor tecnologias de redução de impactos com foco na utilização de quintais urbanos.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3. O Paradigma Cartesiano e a Abordagem Sistêmica/Holística

Paradigma (do grego, “paradeigma”) significa modelo ou padrão. Esse termo surge inicialmente na Linguística, mas Kuhn (1962) o designa como realizações científicas geradoras de modelos, que por períodos mais ou menos longo e de modo mais ou menos explícito, orientam o desenvolvimento posterior das pesquisas.

O Paradigma cartesiano, entendido como movimento intelectual que se inicia no século XVII, tem René Descartes e Isaac Newton seus maiores filósofos, sendo que a este último é atribuído a base mecanicista do paradigma (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2005). Descartes, em sua obra “Discurso do Método” de 1637 define quatro regras universais (EMBRAPA, 2005, p.77):

1. Não admitir como verdade nada que não seja evidente.
2. Cada dificuldade deve ser dividida em tantas partes quanto seja possível e necessário para poder resolvê-las.
3. Ir sempre do simples ao complexo.
4. Fazer descrições tão completas e contagens tão gerais, para que se tenha a segurança de não esquecer nada.

Para este trabalho, a regra universal que se pretende refutar é a segunda, conhecida também como reducionismo, uma filosofia científica que impregna o pensamento da sociedade ocidental desde o conceito do átomo de Demócrito, no século 5 A.C.

Porém, o paradigma cartesiano começa a apresentar o que Kuhn denomina anomalias que geram crises científicas, que são o primeiro passo para o surgimento de uma revolução científica (EMBRAPA, 2005). Por volta de 1920, Jan Cristiaan Smuts concebe o termo holismo com a seguinte definição: *“The tendency in nature to form wholes, that are greater than the sum of the*

parts through create evolution”, ou seja, a soma das partes é maior que o todo (WASSERMAN; ALVES, 2004).

O pensamento sistêmico evoluiu através de diversas correntes de pensamento, como a Ecologia, produzindo a Teoria Geral dos Sistemas na década de 40. Esta continua sendo lapidada, dentre outras coisas, devido a dificuldade de aplicar a termodinâmica dos sistemas físicos fechados para os sistemas abertos e que será abordado no capítulo termodinâmica da vida (WHITAKER et al., 2013).

O pensamento sistêmico concentra-se em princípios de organização básicos, enquanto o holístico concentra-se em blocos de construção básicos. Aquele inclui este, ou seja, o bojo da abordagem sistêmica inclui além do pensamento holístico, também os pensamentos em rede, epistêmico e contextual (WHITAKER, V; SOUSA; WHITAKER, D., 2013).

As abordagens Holística, Sistêmica e Ecológica surgem em contraposição ao paradigma cartesiano e tem muita repercussão nas ciências biológicas, com cientistas como Bertalanffy, E. Odum, H. T. Odum e F. Capra. A Ecologia é o ramo da Biologia que mais demanda por um outro paradigma científico dado à complexidade das inter-relações das redes tróficas, por exemplo.

Para tratar da questão ambiental e urbana, da agricultura e dos resíduos sólidos opta-se, portanto, por uma abordagem que não divida as partes em detrimento do todo, pois este método tem causado problemas que podem levar a consequências desastrosas em ciências tangentes a vida.

Um caso emblemático é o desenvolvimento tecnológico e rápida implantação dos Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) no Brasil através do embasamento em trabalhos de cientistas que Nodari (2011, p.42) agrupa em:

[...] formado por biólogos moleculares, conduz pesquisas na natureza química da genética e síntese de proteínas, e prometem que um dia a biologia tradicional tornar-se-á obsoleta e a biologia será reconstruída por eles. As raízes da concepção intelectual remontam, em sua grande parte, na química e na física. Estes cientistas advogam que usam a ‘verdadeira estratégia para estudar a vida’ (REGAL, 1996). Também advogam que o conhecimento relacionado a química da substância

básica da vida. Neste caso, essas metodologias descontextualizam os fenômenos, ignorando os seus contextos ecológicos, sociais e humanos, e (no caso dos fenômenos biológicos e humanos) os subjacentes (LACEY, 2005). O autor chama-as de descontextualizadas/reducionistas.

Outro exemplo das limitações do reducionismo cartesiano será desenvolvido em seguida e se relaciona a energia nos sistemas ecológicos, assunto da ecologia que fornece elementos fundamentais para a compreensão do todo da problemática dos resíduos e da sustentabilidade ambiental das atividades humanas.

3.1. A Termodinâmica da Vida

A termodinâmica é a ciência da era industrial, mas posteriores e rápidas transformações das nossas relações com a natureza começavam a se tornar motivo de profunda ansiedade. Na verdade, o perigo que ameaçava a humanidade era o esgotamento dos recursos naturais, como se o universo estivesse condenado a evoluir na direção da morte térmica (PRIGOGINE, 2002, p. 15 e 16).

Os fluxos de matéria e energia que representam fluxos de informação nos sistemas vivos causam contínuas mudanças no ambiente, produzindo um estado de equilíbrio dinâmico instável e um sistema afastados do equilíbrio (WHITAKER, V; SOUSA; WHITAKER C., 2013). Para começarmos a desenvolver uma boa compreensão desses fluxos nos ecossistemas precisamos revisar alguns conceitos. Energia é definida como a capacidade de realizar trabalho. Seu comportamento é descrito pelas seguintes leis (ODUM, 1988, p.55):

1ª Lei da Termodinâmica, ou lei da conservação da energia: A energia pode se transformar de um tipo em outra, mas não pode ser criada nem destruída.

2ª Lei da Termodinâmica, ou lei da entropia: Nenhum processo que implique uma transformação de energia ocorre espontaneamente, a menos que esta se degrade de uma forma concentrada para uma forma dispersa.

Entropia (do grego, en = em; trope=transformação) é um conceito que representa grau de desordem. Ele foi cunhado para explicar “o sentido natural da mudança” correspondente ao “aumento da desordem de energia e de matéria” (ATKINS, 2012, p. 287). Segundo Atkins (2012), “[...]uma única quantidade, a ‘entropia’, dá uma resposta satisfatória e quantitativa[...]” para “[...]a direção natural de uma mudança”.

Realmente, quando se observa a expansão de gases aprisionados em recipientes de laboratório ou o resfriamento de um metal quente podemos afirmar que a seguinte assertiva faz sentido (ATKINS, 2012, p.288): “A entropia de um sistema isolado aumenta no decorrer de qualquer mudança espontânea” e completa que “um processo é espontâneo se ele tem a tendência de ocorrer sem estar sendo induzido por uma influência externa”.

Para completar, Atkins (2012, p.288-289) afirma:

Assim, o resfriamento do metal quente é acompanhado pelo aumento da entropia quando a energia se espalha pela vizinhança. O ‘sistema isolado’, nesse caso, é o bloco e sua vizinhança imediata. Do mesmo modo, a expansão de um gás é acompanhada pelo aumento de entropia quando as moléculas se espalham pelo vaso. A tendência que identificamos é uma versão da segunda lei da termodinâmica. A direção natural do sistema e sua vizinhança (que juntos formam o ‘universo’) é ir da ordem para a desordem, do organizado para o aleatório, da menor para a maior entropia.

Essa lógica de raciocínio cartesiano parece problemático quando essa postulação é generalizada para sistemas complexos como a biosfera. Para tratar da peculiaridade dos seres vivos, que através de algumas reações biológicas que são acompanhadas pela diminuição de entropia do sistema, Atkins dedica um subcapítulo de aproximadamente uma página, concluindo com a seguinte afirmação:

As reações que não são espontâneas podem ocorrer se estiverem acopladas a outras reações espontâneas. Esse acoplamento é usado extensivamente nos sistemas biológicos(ATKINS, 2012, p.325-p.326).

De forma não muito didática ele pretendia dizer que os seres vivos conseguem manter um alto grau de ordem interna exalando entropia através de seu metabolismo. A aparente contradição da 2ª lei da termodinâmica foi satisfatoriamente resolvida por Ilya Prigogine (ODUM, 1988).

Segundo Prigogine e Nicolis¹ (1977 apud ODUM, 1988), “a auto-organização e a criação de estruturas novas pode ocorrer, e ocorre, em sistemas longe do ponto de equilíbrio e que tenham estruturas dissipativas bem desenvolvidas, que expulsam a desordem”. Para concluir, Odum (1988) explica que “a respiração da biomassa altamente organizada é a estrutura dissipativa num ecossistema”.

Para deixar claro que a aplicação da 2ª lei da termodinâmica para os seres vivos não é um consenso entre o corpo acadêmico, citamos Albert Szent-Györgyi² (1977 apud MONTE, 2013), ganhador do Nobel de Fisiologia em 1937:

Observamos uma profunda diferença entre sistemas orgânicos e inorgânicos. Como um cientista eu não posso acreditar que as leis da física sejam inválidas logo que você entra nos sistemas vivos. A lei da entropia não governa os sistemas vivos.

E Prigogine (2002, p.29) também afirma que:

Os fenômenos irreversíveis não se reduzem a um aumento de ‘desordem’, como se pensava tempos atrás, mas ao contrário, têm um importantíssimo papel construtivo. Mas isso nos obriga a rever as nossas ideias acerca dos fundamentos dinâmicos dos fenômenos irreversíveis.

Poderíamos ir além demonstrando evidências de que os seres vivos, ao longo da evolução, foram cruciais para “preparar” a Terra para condições que permitissem as condições “abióticas” atuais e que ao longo do tempo de produção de matéria orgânica dos seres autótrofos (pelo menos desde o início

¹ NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I..Self-organization on Non-equilibrium Systems.New York, John Wiley & Sons,1977.

²SZENT-GYÖRGYI, A. Drive in Living Matter to Perfect Itself.Synthesis 1, v. 1, n.1, p. 14-26, 1977.

do cambriano, há 600 milhões de anos) uma fração de matéria orgânica (M.O.) produzida era incompletamente decomposta e acabava sendo enterrada e fossilizada, o que representa um superávit de produção orgânica em relação a respiração (ODUM, 1988).

A partir do desenvolvimento do estudo de Prigogine sobre as “estruturas dissipativas” somado a diversas descobertas da física quântica criou-se a demanda por até mesmo reformular as leis da dinâmica tradicional (PRIGOGINE, 2002, p. 29). Ao citar Stephen Hawking, que em seu livro “Uma breve história do tempo” diz que “uma seta do tempo termodinâmica forte é [...] necessária para o agir da vida inteligente” e um pouco mais a frente “para resumir, as leis da ciência não fazem distinção entre as direções do tempo, para frente e para trás”, então afirma:

Mas como conciliar essas duas afirmações? Se para que a vida inteligente possa florescer é necessária uma forte seta termodinâmica, é preciso que se tenha uma contrapartida na nossa descrição do universo; deve, portanto, ser tão real como qualquer outro fenômeno físico. A partir do momento em que as leis da dinâmica tradicional, seja ela a dinâmica clássica, quântica ou relativista, não contêm a direção do tempo, torna-se pois necessário tentar reformulá-las. É bem verdade que a introdução da irreversibilidade nos obriga a reformulá-las, mas é também verdade que se trata evidentemente de um empreendimento bastante ambicioso.

Infelizmente pouco desse avanço tem sido incorporado na educação brasileira, demonstrando seu caráter instrumentalista da ciência. No aspecto pedagógico foi detectada uma grande dificuldade para chegar nessas informações tão cruciais para a compreensão dos organismos vivos da Terra, algo tão cotidiano e fundamental comparado com as experiências reducionistas que servem de exemplo-base para as disciplinas de Química e Termodinâmica nos ensinos médio e superior.

Percebe-se a extrema necessidade de incorporar esse avanço científico da compreensão dos seres vivos a partir da ótica da ecologia na Educação, em todos os níveis do nosso sistema de ensino, pois esta é a comprovação da singularidade e improbabilidade daquilo que chamamos “vida”. Devida adequação ao sistema de ensino poderia abrir mais áreas de pesquisa e

interesse que rumem no sentido da compreensão daquilo que vem sendo chamada “sintropia”.

Sintropia (FANTAPPIÈ, 1942) ou negentropia (BRILLOUN, 1956) é aquilo que Schrödinger (1944) basicamente designava como entropia negativa, ou seja, aumento da ordem no sistema inerente a organização interna dos seres vivos. Lovelock (1991) afirma:

Schrödinger concluía que, metaforicamente, a propriedade mais surpreendente e mais característica da vida é a sua capacidade de nadar contra a corrente, contra o fluxo do tempo. A vida é a contradição paradoxal à Segunda Lei da Termodinâmica, “que significa que quanto menos provável for uma coisa, mais baixa a sua entropia. Sendo a vida a coisa mais improvável de todas, ela deve ser portanto associada à mais baixa entropia.

Monte (2013) organiza um quadro com a cronologia dos estudos relativos a esse tema e este trabalho se encarrega de adicionar Ilya Prigogine e Ernst Götsch:

Tabela 1 – Cronologia das publicações históricas em torno do princípio da sintropia

Ano	Autor	Área	País	Contribuição	Observação
1942	Luigi Fantappiè	Matemática	Itália	Cunha o termo Sintropia com base na termodinâmica dos sistemas vivos. Propõe unificação termodinâmica da Física e da Biologia.	Publicação somente em 1991.
1944	Ervin Schrödinger	Mecânica quântica	Áustria	Propõe o reconhecimento do fenômeno da “entropia negativa”, a partir da analogia com a sua teoria de ondas.	Passa a ser usado por ecólogos, como Margaleff e os irmãos Eugene e Howard Odum.
1947	Ilya Prigogine	Química	Rússia/ Bélgica	Escreve <i>Etude Thermodynamique des phénomènes Irreversible</i> demonstrando a limitação da termodinâmica clássica em analisar os processos irreversíveis.	Ganha o Prêmio Nobel de Química em 1977 com a formulação da teoria das estruturas dissipativas.
1956	Léon Brillouin	Física	França	Propõe modelo matemático e busca unificação em torno do termo que cunhou como neguentropia.	Passa a ser o termo referencial em língua inglesa.
1974	Albert	Fisiologia	EUA	Defende, com base em	Descobridor da

	Szent-Györgyi			fenômenos físico-químicos, o conceito de sintropia.	vitamina C.
1975	Buckminster Fuller	Arquitetura	EUA	Publica <i>Synergetics</i> onde defende o conceito de sintropia.	
1995	Ernst Götsch	Agroecologia	Suíça/ Brasil	Defende que a natureza em suas complexas relação segue a sucessão ecológica de forma sintrópica.	É a maior referência brasileira na área de Sistemas Agroflorestais
2000	Di Corpo & Vaninni	Psicologia e neurofisiologia	Itália	Resgata em 1991 publicação de Luigi Fantappiè sobre sintropia e iniciam proposta de revisão das leis termodinâmicas.	Vaninni contribui com provas baseadas em estudos do sistema nervoso autônomo
2008	Mahulikar & Herwig	Cosmologia	Índia	Redefinem negentropia de Schrödinger e Nriellou e propõe novo modelo matemático.	

Fonte: MONTE, 2013, p. 28 adaptado por BALEIRO, 2015.

O presente trabalho não tem o objetivo de demonstrar matematicamente a contradição da 2ª Lei da Termodinâmica, mas sim de mostrar que essa compreensão é fundamental para discutir a sustentabilidade ambiental a fundo. Entender que o universo tende naturalmente à morte térmica gera um pensamento de inevitabilidade frente à crise ambiental, já compreender o seres vivos enquanto agentes de uma possível diminuição do grau de desordem cria um sentimento de esperança e vontade de mudança dos nossos padrões de desenvolvimento.

Sobre isso Leff afirma (2001, p. 409):

[...] a pergunta pela sustentabilidade se apresenta como um problema sobre o sentido da vida [...] A sustentabilidade se funda na capacidade de vida do planeta fundada nesse fenômeno neguentrópico único – a fotossíntese – que permite transformar a energia radiante do Sol em biomassa.

Na ecologia estuda-se a razão entre respiração total da comunidade de um ecossistema e biomassa total da comunidade (R/B), também considerada a relação entre manutenção e estrutura ou “razão de Schrödinger” (ODUM, 1988). Sendo R e B expressas em calorias, quanto maior a biomassa, maior o custo de manutenção, porém, se o tamanho das unidades de biomassa for

grande, como grandes árvores das florestas tropicais, diminui-se a manutenção antitérmica por unidade de estrutura de biomassa(ODUM, H. T., 1967; ODUM, E., 1988).

Como as ciências agrárias e florestais têm sua base na agricultura moderna dos países de clima temperado, que fazem uso de grande quantidade de maquinários e insumos, o balanço material e energético de seus ecossistemas agrícolas em boa parte é negativo em termos de produção e consumo energético. Essa abordagem ecológica é muito interessante e pode trazer mais elementos para a discussão da sustentabilidade, principalmente no contexto dos trópicos, mas antes de chegar nela, iremos discorrer sobre suas bases.

3.2. Fotossíntese nas regiões tropicais

Segundo Wayne C. e Wayne R. (1996, p. 67 e 67) a fotossíntese talvez seja o processo fotoquímico mais interessante e importante conhecido na biologia. Ela é o único processo conhecido que poderia produzir O_2 na sua abundância atual de 20% na atmosfera, contrariando as considerações termodinâmicas clássicas que sugeririam completa oxidação desses componentes, gerando uma atmosfera de desequilíbrio termodinâmico, essencial a vida(WAYNE, C.; WAYNE, R., 1996).

Segundo Almeida (2005), acredita-se que a fotossíntese hoje é um processo bastante compreendido. O aprofundamento do seu estudo permite verificar que surgiram, ao longo do processo evolutivo, rotas bioquímicas específicas particulares em alguns grupos de plantas, de forma que não se pode dizer que existe um processo geral da fotossíntese, mas diferentes rotas fotossintéticas(ALMEIDA, 2005).

Porém não se deve esquecer que a fotossíntese é um processo intimamente ligado à luz solar, cuja atividade é explicada por teorias de

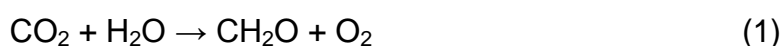
comportamento, das quais a mais aceita é a da onda-partícula, ou seja, tratamos aqui de um tema relacionado à física quântica, em que não existem certezas ou leis, mas núvens de probabilidade (PRIGOGINE, 2002).

Até cerca de 300 anos atrás, acreditava-se que as plantas extraíam seu alimento do ambiente externo como os animais, e a fonte de nutrientes seria o solo. A partir de uma concepção realista ingênua se raciocinava que se a planta tem raízes e depende do solo para crescer, viver e aumentar sua massa, parecia evidente que ela se nutrisse a partir do solo, algo que também tem massa (ALMEIDA, 2005).

O médico belga Jan Baptista van Helmont (1577-1644) foi quem pioneiramente produziu evidência experimental de que o solo não é a fonte de alimentação das plantas. Plantou-se um salgueiro num pote de argila e se adicionava apenas água ao pote. Ao fim de cinco anos, o salgueiro pesava 82 quilos, enquanto o solo perdera somente 3 gramas. Embasado nesse resultado, van Helmont conclui que a matéria da planta provinha da água e não do solo (ALMEIDA, 2005).

Mas a formulação em bases modernas da noção de fotossíntese foi influenciada pelos experimentos de Lavoisier (1743-1794) sobre respiração animal. Junto com o matemático Laplace (1749-1827), Lavoisier confina uma cobaia em oxigênio por 10 horas medindo o gás carbônico produzido. Mede também a quantidade de oxigênio consumido por um homem ativo e em repouso. Com isso ele evidenciou que a combustão de compostos de carbono, com oxigênio e formação de dióxido de carbono e água, era a fonte do calor animal (ALMEIDA, 2005).

Nicholas Theodore de Saussure (1767-1845) é quem, utilizando os princípios de medidas quantitativas de Lavoisier, mostra que volumes iguais de CO₂ e de O₂ são trocados durante a fotossíntese, fortalecendo a hipótese de que a planta retém carbono. Essa conclusão permite que se chegasse à equação global da fotossíntese (ALMEIDA, 2005):



Diversas outras contribuições científicas acrescentam características importantes à compreensão do processo, como a origem do O₂, a fotossíntese de bactérias sulfurosas e as diferentes rotas fotossintéticas, conhecidas como C3 e C4. Uma teoria que cabe ser ressaltada aqui é a da Endossimbiose.

Sugerido primeiramente por Ivan Wallin na década de 1920, foi formulada por Lynn Margulis em 1981 com a publicação do ensaio “Symbiosis in Cell Evolution” que diz que as células eucarióticas podem ter nascido como comunidades de organismos em interação, e mais especificamente, os cloroplastos e as mitocôndrias dos organismos eucariontes tem origem num procarionte heterotrófico que viveu em simbiose dentro de outro organismo.

Essa teoria é mais uma demonstração de como a fotossíntese, cuja fase clara ocorre no estroma do cloroplasto, é um processo singular e que ainda não está em sua totalidade bem compreendido, ou ao menos, não está sendo abordado em sua complexidade no sistema de ensino brasileiro. Iremos agora ao produto desse processo, conhecida nas ciências agrárias como produtividade primária líquida.

3.2.1. Produtividade Primária Líquida (PPL)

A maior parte de nossa energia vem do Sol, direta ou indiretamente. A energia de toda a radiação solar absorvida pela vegetação da Terra é suficiente para fabricar cerca de 6×10^{14} kg de glicose por ano. A maior parte dessa glicose é transformada em amidos e celulose. Se esses compostos não se degradam totalmente a dióxido de carbono e água, a vegetação morta permanece como uma fonte de energia. Ignorando as perdas provocadas pelos fogos de florestas, esta reserva, chamada de biomassa, aumenta cerca de 1019 kJ a cada ano, o que corresponde a cerca de 20 vezes a demanda industrial global anual por energia (ATKINS, 2012, p.267).

Os seres autótrofos vistos na perspectiva ecológica da rede trófica são produtores primários. A PPL é um índice utilizado na ecologia e agronomia para quantificar a matéria orgânica produzida em determinado tempo, excluindo o que foi degradado nos fenômenos respiratórios, ou seja, esse índice também pode ser chamado “fotossíntese líquida” e tem como valor a biomassa vegetal em massa de matéria seca (LUCCHESI, 1984).

$$\text{Produtividade primária Bruta (PPB)} = \text{PPL} + \text{Respiração} \quad (2)$$



Figura 2 – Porcentagens da luz solar emitida que compõem a produtividade da planta.
Fonte: Só Biologia.³

Dajoz (1973), comparando outros trabalhos chega ao valor de que a média da PPB utilizada na respiração é de 30%, ou seja, a PPL média é próxima de 70% (LUCCHESI, 1984). Apesar deste mesmo autor afirmar que a produtividade líquida em ecossistemas naturais é mais baixa do que a média (LUCCHESI, 1984), Primavesi (1979) afirma através da tabela 2 que o retorno de matéria orgânica ao solo por ano de uma mata virgem é muito maior que qualquer outro uso da área para fins agrícolas. Isso se deve provavelmente ao baixo fluxo de saída de biomassa de uma floresta nativa tropical.

³http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio_ecologia/ecologia9.php

Tabela 2 – Retorno da matéria orgânica (M.O.) ao solo por ano.

Tipo de cultura	Retorno de M.O. por ano (t/ha)
Mata virgem	20 a 40
Pastagem queimada	3
Forragem fenada	4 a 5
Trigo, restolhos (palha levada)	2
Trigo (restolho e palha)	8
Milho (restolho e palha)	10 a 12
Feijão e ervilha (raízes)	0,5
Batatinha e mandioca	0,4 a 0,5
Cana-de-açúcar queimada	2 a 3
Cana-de-açúcar, palha enleirada	10 a 15

Fonte: PRIMAVESI, 1979, p.123.

Odum (1988) analisa a ciclagem de nutrientes nos trópicos e demonstra uma grande diferença entre as florestas tropicais e as florestas temperadas de coníferas. Nas florestas tropicais cerca de 58% do nitrogênio total está na biomassa – com 44% estando acima do solo. Nas florestas temperadas de coníferas esses valores caem para 6% e 3%, respectivamente.

Ao criticar a “agrotecnologia industrializada da zona temperada”, Odum (1988) ressalta que enquanto a estratégia natural é orientada em estabelecer uma alta razão Biomassa/Produção a meta humana de produção máxima busca sempre uma alta eficiência Produção/Biomassa.

Agora uma questão que surge é: A agricultura pode utilizar técnicas e conhecimentos para aumentar a PPL de um ecossistema de forma suficiente para abastecer a demanda alimentar, conservando e incrementando a fertilidade do solo?

Estima-se (WAYNE, C.; WAYNE, R., 1996) que a massa total de matéria orgânica produzida pelas plantas verdes durante a história biológica da Terra represente 1% da massa do planeta, e a fotossíntese fixada anualmente seria o equivalente a 10 vezes o consumo energético da humanidade.

A agroecologia, através das diversas experiências que vêm sendo desenvolvidas no Brasil (PERNEIREIRO, 1999) e em outras partes do mundo, tem mostrado que é possível mimetizar a situação das florestas tropicais de grande produção de biomassa seguido de incorporação desta ao solo, mantendo a proporção adequada de M.O. e reconstituindo a fertilidade dos solos tropicais.

Para Primavesi (1979, p. 255), “a planta é o elo que existe entre a matéria morta, os minerais, os animais e o homem”. Esse papel chave das plantas é evidenciado em tempos de preocupação com o aquecimento global. Mas a função de produtor primário de energia química que alimentará toda a cadeia trófica de seres vivos neste contexto é vista de forma simplificada como “sequestradores de carbono”, pois o CO₂ representa 55% dos gases do efeito estufa (PITTON, 2009).

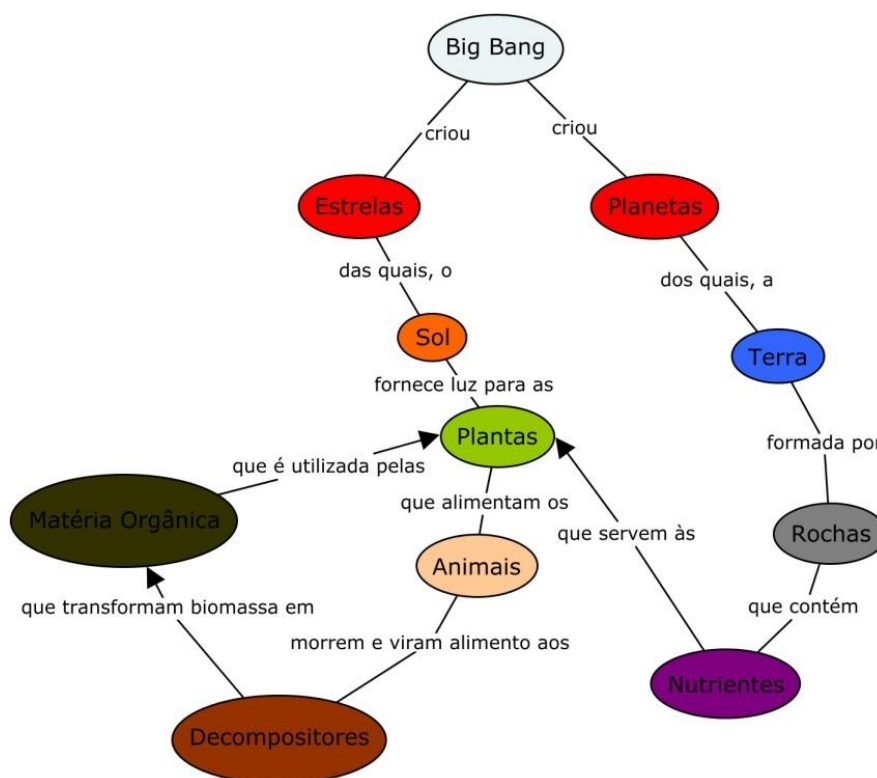


Figura 3 – Mapa Conceitual da centralidade do papel ecológico das plantas.

A figura 3 mostra um mapa conceitual que traça de forma simplificada as relações existentes, desde a formação do universo até a evolução do reino vegetal e seu papel preponderante na ciclagem de nutrientes, na tradução da energia solar em energia química e no fornecimento constante de energia aos consumidores.

3.3. Metodologia Emergética

Ao longo do levantamento bibliográfico tomou-se conhecimento da metodologia emergética (ODUM, 1996) que se propõe a medir todas as contribuições (moeda, massa, energia, informação) em uma única unidade equivalente (energia solar), utilizando-se da Teoria de Sistemas (BERTALANFFY, 1995), da Termodinâmica e da Biologia (ORTEGA, 2002).

Observou-se que esta metodologia é a mais adequada para tratar do tema aqui proposto, porém devido a sua complexidade optou-se por um embasamento meramente qualitativo deste método. Portanto, ao longo do trabalho procura-se demonstrar as inter-relações dos elementos de forma esquemática com utilização de diagramas de fluxo, como exemplificado abaixo(figura 4) (ORTEGA, 2002):

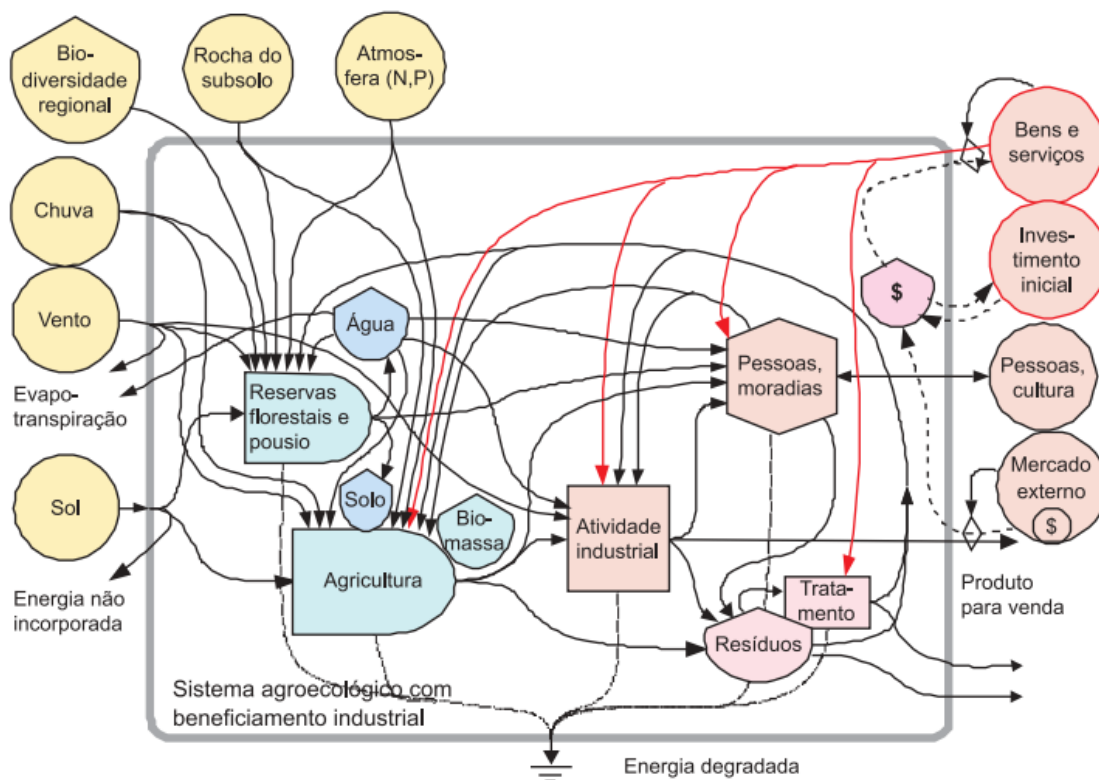


Figura 4 –Diagrama de um sistema agroecológico de administração familiar.

Fonte: (ORTEGA, 2002).

A Figura 4 representa um sistema de geração de matérias-primas agrícolas e beneficiamento industrial das mesmas, incluindo a reciclagem de nutrientes e materiais industriais e tratamento de efluentes. Na margem esquerda do diagrama temos os fluxos da natureza, na direita, os elementos socioeconômicos (ORTEGA, 2002).

O termo emergia foi criado para designar toda a energia necessária para se obter um produto e pode ser compreendido como “custo energético”. A Análise Emergética pode ser utilizada como um indicador de sustentabilidade de uma atividade, produto ou sistema, assim como a Pegada Ecológica. Porém, aquela é um método mais completo por considerar os fluxos de energias e à sua proposta de hierarquização das energias, chamado transformidades (PEREIRA, 2008).

Transformidade é um fator de conversão entre energias de diferentes qualidades, ou seja, quanto maior a transformidade de um recurso, mais longe da origem ele estará, pois há muito valor agregado contido nele (PEREIRA,

2008). Odum (1988) a define como quantidade de energia de um tipo requerida direta ou indiretamente para gerar uma unidade de energia de outro tipo.

Exprime-se a relação dessas variáveis da seguinte forma:

$$\text{Energia (seJ)} = \text{Energia disponível de um item (J)} \times \text{Transformidade (se J/J)} \quad (3)$$

Sendo que seJ significa “*solar energy joule*” e é uma unidade de energia unificadora que permite comparação energética de diferentes itens, como um lápis e um bife.

Este método é realizado em três etapas: (a) análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema; (b) obtenção dos índices emergéticos; (c) interpretação dos índices emergéticos. Para o presente trabalho realizaremos apenas a primeira etapa, sem seguir com muito rigor esta metodologia.

4. Questão Socioambiental

A biomassa, a partir dos trópicos, é a reversão do caminho para a morte que a humanidade está cegamente seguindo com o neoliberalismo, com o terror financeiro, ilegítimo, prepotente e assassino, imposto por oligarquias mundiais apodrecidas, desumanas e vazias, fruto da modernidade.” (VASCONCELLOS e VIDAL, 2001, p.64)

A Revolução Industrial é tida como um marco para a análise da crise ambiental atual. A partir daí a civilização ocidental estabelece uma nova relação com a natureza. O aumento da escala de produção de bens de consumo tem sido um fator importante que estimula a exploração dos recursos naturais e eleva a quantidade de resíduos. O ser humano passa a se ver dissociado da natureza e sua relação perante esta é de superioridade e dominação (BARBIERI, 2004; RIBEIRO et al., 2012).

Segundo Barbieri (2004), mais de 10 milhões de substâncias foram sintetizadas e esse número não para de crescer. Para Fernandes (2006), as contínuas e seculares práticas humanas de destruição e exaurimento irracional dos bens naturais passaram a representar sérias ameaças à qualidade de vida e também de comprometer a própria sobrevivência da espécie humana.

Apesar dos debates ocorridos na segunda metade do século XIX entre membros da comunidade científica e da comunidade artística, que culminaram na criação do parque nacional de Yellowstone, apenas na década de 1960, com a crescente implantação de grandes projetos também nos Estados Unidos, houve um crescimento significativo dos movimentos ambientalistas (SILVA; CRISPIM, 2011). Movimento que cresceu e se popularizou com a repercussão de desastres ambientais como Hiroshima e Nagasaki (1945), Minamata (1956), Seveso (1976), Bhopal (1984), Chernobyl (1986), Exxon Valdez (1989) etc.

Em contraposição à situação de acelerada degradação ambiental, alguns eventos mundiais marcaram o “despertar ecológico” (SILVA; CRISPIM, 2011):

- Publicação do livro “Silent Spring”, de Rachel Carson em 1962;
- Criação do Clube de Roma em 1968;
- Conferência Intergovernamental sobre a Conservação e o Uso Racional dos Recursos da Biosfera, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1968;
- Conferência de Estocolmo, realizada pela ONU em 1972;
- Criação da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento pela ONU em 1983;
- Eco – 92, realizada em 1992, no Brasil;
- Rio +20, realizada em 2012, também no Brasil.

Apesar desses eventos significarem um avanço na busca da sustentabilidade ambiental sabemos que estamos longe desse objetivo. Segundo Wasserman e Alves (2004, p.2), “problemas ambientais são multifacetados e imbrincados, sendo que todos os aspectos, sejam físicos, biológicos, químicos, sociais, etc. devem ser tratados de maneira integrada”.

Jacintho (2007, p.15) afirma que:

a necessária reversão deste ciclo de crescimento, atrelado à degradação ambiental, passa pela adoção da visão sistêmica em termos energéticos planetários, de modo que a visão economicista e mercadológica possa ser gradualmente permeada e contagiada pela ótica da ecologia, e que, desta forma, a sustentabilidade seja abordada em termos de processos e não de obtenção de produtos e consequentemente, de lucro.

Portanto, entende-se que a questão ambiental não se trata apenas de uma área isolada, mas de uma conjunção de outras questões. Ela é social uma vez que a pressão ecológica não é exercida igualmente entre todos os habitantes do planeta. A pressão exercida por um morador dos EUA é 13 vezes maior que a de um residente na Índia e 52 vezes maior que um na Somália (PEREIRA, 2008).

A questão ambiental é econômica, pois a partir de 1962 a humanidade passou a usar mais recursos não-renováveis do que renováveis na proporção

próxima de 3 para 1 (BROWN, 1998). Ela é agrícola, pois estima-se que os humanos já se apropriaram de mais de 40% da Produtividade Primária Líquida terrestre (VITOUSEK et al., 1986). Ela é urbana pois um hectare (10.000 m²) de área metropolitana consome mais de 1.000 vezes a energia que uma área semelhante utiliza em um ambiente natural (O'MEARA, 1999).

A partir dessa necessidade de realizar mudanças a nível global, Capra (2003) sugere uma radical mudança em nossas percepções, no nosso pensamento e nos nossos valores. Para tanto propõe-se aprofundar sobre alguns temas pertinentes a esse desafio.

4.1. Agricultura em suas diversas formas

A agricultura é a base de sustentação de toda e qualquer sociedade (WEID, 1996). Apesar dessa importância primordial, hoje ela é vista muito mais como uma fonte de lucro por parte das multinacionais do agronegócio. 70 espécies ocupam aproximadamente 1,44 bilhão de hectare (ha) e 11 espécies de plantas correspondem a cerca de 80% da alimentação mundial (ALTIERI, 2012).

Na agricultura moderna, a tendência da natureza para a complexidade é detida, tanto pelos agroquímicos quanto pela seleção artificial, hibridização, transgenia e monocultivos (SAVORY, 1988). O Brasil, tido como celeiro do mundo, desde 2008 é o maior consumidor de agroquímicos e, desde 2009 o segundo maior país em área plantada com transgênicos (JAMES, 2012; Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola – antigo SINDAG, atual SINDVEG, 2009).

Essa forma de agricultura industrial que vem se alastrando desde a Revolução Verde é caracterizada pelo balanço energético negativo, principalmente pela alta dependência de insumos externos (ALTIERI, 2012; PIMENTEL, 1973). A produção de grãos e *commodities* endossa sua

ineficiência energética quando estes são utilizados para a alimentação animal. Segundo Christofidis (2001), 1 kg de carne suína é obtido com 5kg de grãos consumidos pelo animal e 1kg de carne bovina necessita de 7 a 14 kg de grãos por animal.

Se pensarmos em termos de eficiência da fotossíntese dos produtos vegetais temos 0,5% do total de energia solar que atingiu as plantas, e a proteína de carne de gado consumida contém 0,8% da energia que estava na ração, rendendo uma eficiência total de apenas 0,004% (GLIESSMAN, 2001).

Vale lembrar que esse modelo de produção requer largas faixas de terra e diversos estudos demonstram correlação entre os índices de concentração de renda e propriedade da terra (SPAROVEK, 2003), levando o Brasil a ocupar um dos primeiros lugares no *ranking* de desigualdade.

Para superar esses problemas, visando a construção de um modelo de agricultura para a sustentabilidade, “seja pela reorganização socioeconômica, pela meta da auto-sustentabilidade dos processos produtivos ou pela percepção da transversalidade das questões ambientais” é que surgem conceitos como a agroecologia e a permacultura (JACINTHO, 2007, p.17).

4.1.1. Permacultura

É a contração das palavras permanente e agricultura, mas também de cultura permanente, pois culturas não podem sobreviver muito tempo sem a base de uma agricultura sustentável (MOLLISON, 1991). É também uma ética do uso da terra. Em síntese, é um quadro de integração de conhecimentos e práticas que buscam uma eficiência energética do sítio e uma postura consciente diante da natureza (FERGUSON e LOVELL, 2013).

Criado na década de 1970, essa recombinação dos conhecimentos existentes de forma pedagógica e holística pode ser uma importante ferramenta para a transição agroecológica (FERGUSON e LOVELL, 2013).

Apesar de ter-se espalhado ao redor do mundo e de possuir institutos de permacultura e uma grade de formação básica, os *Permaculture Design Courses* (PDCs), a permacultura pouco buscou a produção científica (FERGUSON e LOVELL, 2013).

4.1.2. Agroecologia

Agroecologia é tanto uma ciência quanto um conjunto de práticas (ALTIERI, 2012). Para Gliessmann (2001), é a aplicação dos princípios e conceitos da ecologia ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis. Observar a área de cultivo como um agroecossistema faz toda a diferença uma vez que considera-se a complexidade das relações ecológicas sabendo que estas foram alteradas pelo homem com o objetivo de aumentar a produtividade (PIMENTEL, 1973).

Esta diferencia-se da ecologia agrícola devido a sua abordagem holística, buscando não se fixar somente nas relações biofísicas ambiente/agricultura. Enquanto a agroecologia busca firmar-se como um novo paradigma, em substituição a agricultura industrial, a outra é uma especialização de uma pequena área limite entre a ciência agrônômica e a ecologia (EMBRAPA, 2005).

Altieri (2012, p.105) afirma:

A proposta agroecológica enfatiza agroecossistemas complexos nos quais as interações ecológicas e os sinergismos entre seus componentes biológicos promovem os mecanismos para que os próprios sistemas subsidiem a fertilidade do solo, sua produtividade e a sanidade dos cultivos [...].

Com essa abordagem sistêmica, a biodiversidade, o contínuo funcionamento da comunidade microbiana do solo e a relação desta com a matéria orgânica do solo ganham uma importância maior do que aquela dada nas ciências agrárias tradicionais (ALTIERI, 2012). Para além do fornecimento

ótimo de NPK, água e luz solar considera-se também a ciclagem de nutrientes, interações predador-presa, competição, simbiose e sucessão ecológica (GLIESSMANN, 2001).

Os seguintes princípios ecológicos são utilizados na concepção dos agroecossistemas (REINJNTJES; HAVERKORT; WATER-BAYER, 1992):

- Aumentar a ciclagem de biomassa e otimizar a disponibilidade e o fluxo equilibrado de nutrientes.
- Assegurar solo com condições favoráveis para o crescimento das plantas, particularmente por meio do manejo da matéria orgânica e do incremento de sua atividade biológica.
- Minimizar as perdas decorrentes dos fluxos de radiação solar, ar e água por meio do manejo do microclima, da captação de água e da cobertura do solo.
- Promover a diversificação inter e intraespécies no agroecossistema, no tempo e no espaço.
- Aumentar as interações biológicas e os sinergismos entre os componentes da biodiversidade promovendo processos e serviços ecológicos chaves.

Ao invés de reproduzir o fazer agricultura do hemisfério norte, reclamando da acidez dos solos brasileiros, desertificando o solo com práticas intensivas de aeração e revolvimento, deixando o solo sem cobertura por longos períodos de tempo, a agroecologia aproveita as características do hemisfério sul a seu favor.

Ana Primavesi, pioneira da Agroecologia no Brasil, publica em 1979 o livro *Manejo Ecológico do Solo* questionando o porquê de a floresta tropical produzir em 18 anos o que a floresta temperada produz em 100 anos? Potencial também observado por outras figuras importantes como J.W. Bautista Vidal, idealizador do motor a álcool e do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool).

Vasconcellos e Vidal (2001, p.20) afirmam:

Somos a maior nação tropical do planeta. Temos as condições naturais – em termos bioenergéticos – para construir uma civilização solidária e paradisíaca[...]. O sol batendo no solo do Brasil equivale por dia à energia gerada em 24 horas por 320.000 usinas hidrelétricas de Itaipu.

Primavesi (1979) reúne evidências em diversos trabalhos e afirma que as plantas tropicais em geral possuem maior capacidade de utilização da luz e da água, e por consequência da fixação de CO₂. Além disso podem também produzir mais matéria seca por unidade de água transpirada.

Destacar a potencialidade dos trópicos na produção de biomassa é um fator central. Cobrir o solo, tanto com matéria viva quanto morta é de fundamental importância para proteger o solo contra o impacto das gotas de chuva, manter a temperatura do solo adequada, renovar a matéria orgânica necessária para o equilíbrio dos microrganismos do solo, mantendo sua grumiosidade (bioestrutura) e conseqüentemente sua fertilidade (PRIMAVESI, 1979).

4.1.2.1. Relação entre matéria orgânica e fertilidade do solo

O ano de 2015 foi decretado pela ONU como o Ano Internacional dos Solos esperando que a iniciativa tenha repercussão e sirva para mobilizar a sociedade para a importância dos solos como parte fundamental do meio ambiente. Segundo a ONU (DIA MUNDIAL DO SOLO, 2013), 33% dos recursos mundiais de solo estão sendo degradados e as pressões antrópicas sobre o solo estão atingindo níveis críticos, reduzindo e algumas vezes eliminando suas funções essenciais.

A situação é realmente alarmante. O uso inadequado do solo conformou estatísticas assombrosas. Em 2011 houve uma perda de solo de 24 bilhões de toneladas em decorrência da ação do vento e da chuva. Projeções estimam que a superfície agrícola por habitante serpa reduzida pela metade até 2050. Lembrando que são necessários 2 mil anos para criar 10 centímetros de solo fértil a partir de seu processo natural de intemperismo físico-químico-biológico (LET'S TALK..., 2012).

O solo é visto de diferentes formas para diferentes ciências de acordo com suas ênfases. Talvez a Engenharia Civil o utilize de forma mais literal, pois solo, do latim *solum* significa suporte, superfície, base. Para a Agroecologia o solo “é um sistema dinâmico de complexas inter-relações recíprocas entre seus componentes físicos, químicos e biológicos” (PRIMAVESI, 1979, p.258).

Primavesi (1979, p.147) chega a afirmar que:

O solo funciona como um corpo com a diferença que não possui seus ‘órgãos’ alinhados ao longo de uma espinha, e seu ‘sangue’ não circula em artérias fechadas, mas em poros abertos. Na biologia designa-se como ser vivo ‘tudo que possua um metabolismo próprio’. O solo o possui. O ser vivo é de ordem superior quando possui temperatura própria. O solo a tem. É considerado um ser terrestre quando aspira oxigênio e libera gás carbônico; o solo o faz. Mas a vida do solo não é fácil de entender, por estarmos acostumados a ver corpos alinhados numa ossatura e cobertos por uma pele.

O solo é constituído aproximadamente por 45% de minerais, 25% de água, 25% de ar e 5% de matéria orgânica (WORLD SOIL DAY..., 2014). Um leigo no assunto então poderia dizer que a matéria orgânica não é importante por representar uma fração muito pequena. Mas essa pequena fração é fundamental para a manutenção de uma biomassa ativa, que é formada de diferentes comunidades de organismos que atuam de forma direta em várias transformações entre constituintes orgânicos e inorgânicos do solo (EMBRAPA,2005).

Nas bases da agricultura convencional, prefere-se solos argilosos, por serem mais férteis (maior Capacidade de Troca Catiônica, CTC). Mas os solos que originaram a selva amazônica, a floresta mais frondosa da Terra, têm textura arenosa extremamente pobre. Isso ocorre porque nos trópicos a intensidade da vida no solo gera uma rápida reciclagem da matéria orgânica e esta condição é mais importante do que a quantidade de minerais disponíveis por unidade de volume de solo (CARNEIRO, 2005).

A matéria orgânica do solo (MOS), ou húmus, é o maior reservatório de carbono terrestre depois das reservas fósseis, representando cerca de duas vezes a quantidade de carbono da atmosfera e da biomassa (SWIFT, 2001).

Com constituição complexa, é formada por diversas frações com tempos de residência variando de semanas (como a biomassa microbiana) a milhares de anos (como a fração húmica). Além da biomassa microbiana e da fração húmica, a MOS é constituída também por carbono de fração leve (leve livre e leve oclusa)(LIMA, 2008).

O carbono de fração leve é constituído por materiais orgânicos derivados principalmente de restos vegetais e com quantidades razoáveis de resíduos microbianos e da microfauna (MOLLOY; SPEIR, 1977). A fração húmica é formada, através da humificação, por ácidos fúlvicos, húmicos e huminas, que são heterocondensados de substâncias fenólicas (PRIMAVESI, 1979).

Winogradsky⁴ (1949 apud ODUM, 1988) propôs que os organismos que decompõem a M.O. fresca pertencem a uma flora ecológicamente separada daqueles que decompõem o húmus, denominando-os zimógenos e autóctonos, respectivamente. Por fim, Odum (1988, p. 26) completa que:

não se tem certeza se o húmus é degradado por organismos especiais com enzimas especiais ou processos químicos abióticos, ou por ambos. O estudo do húmus tem progredido devagar, porque não se presta à análise convencional no laboratório químico.

Sendo alvo do metabolismo dos microrganismos do solo e dos efeitos do intemperismo a MOS deve ser constantemente reposta, caso contrário, ocorrerá a queda da CTC além de prejuízos relativos à ciclagem (mineralização/imobilização), agregação de partículas e complexação com metais (PEIXOTO, 1997; PRIMAVESI, 1979).

Nos solos tropicais, cuja temperatura muitas vezes acima de 20 °C, predominam as bactérias, havendo menos fungos e actinomicetos. As bactérias são extremamente ativas na decomposição de MOS, não permitindo a acumulação de húmus, como ocorre em climas temperados. Por essa razão, as bactérias celulolíticas, que decompõem celulose em condições aeróbias são importantes na produção de ácidos poliurônicos que agregam o solo (PRIMAVESI, 1979).

⁴ WINOGRADSKY, S. *Microbiologie du sol: Problemes e methods*. Paris, Masson et Cie. 1949. 861 p.

O húmus é responsável por aquele cheiro agradável da chuva quando estamos em uma mata virgem. Sua capacidade de reter umidade atmosférica chega a até 30 vezes seu peso em água. É fundamental para a manutenção da saúde da planta (CARNEIRO, 2005).

O acúmulo de húmus ocorre principalmente em solos úmidos de clima temperado, mas no caso brasileiro pode ocorrer em solos nativos tropicais e subtropicais, seja pastagem ou floresta, oscilando entre 3 e 6% de acordo com textura do solo e clima local. Com o início do cultivo dessas áreas o húmus seria gasto num prazo de 1 a 3 anos. Isso se deve principalmente pelo fato de que somente material de decomposição difícil pode fornecer húmus (HAUSMANN, 1968; PRIMAVESI, 1979).

A acidez do solo, para a agroecologia, não constitui um problema em si, pois permitindo a devida bioestrutura dos solos tropicais, correta disposição de Fósforo e Cálcio e uma fixação ativa de Nitrogênio (a partir de pH igual a 5,6) a microvida já é adaptada a essas condições, não necessitando um pH neutro. A aplicação de matéria orgânica estabilizada exerce nessas condições efeito regulador sobre o pH (PRIMAVESI, 1979).

A prática da Adubação Verde e a aplicação de estrume não podem ser consideradas um enriquecimento do solo em matéria orgânica, mas sim uma adubação nitrogenada, principalmente da forma que a primeira é convencionalmente utilizada (incorporação após floração), pois se evita que a planta se torne fibrosa (PRIMAVESI, 1979).

Como o nitrogênio é o nutriente vegetal que mais falta no mundo e estudos comprovam que as plantas crescem melhor com nitrogênio fixado por bactérias do que quando adubadas com nitrogênio sintético, devido à produção de triptofano e ácido-indol-acético, poderosos hormônios de crescimento vegetal. Além disso, o fator custo de aplicação e sustentabilidade da primeira em relação à segunda ressalta suas características positivas (MEDCALF et al., 1954; PRIMAVESI, 1979).

4.2. Questão Urbana

Segundo o IBGE (2010), 84,35% da população brasileira se encontram em áreas urbanas. O processo de urbanização brasileira é caótico e acelerado. Entre 1960 e 1970 ocorre que a maior parte da população do Brasil passa a habitar nas cidades. Nos 40 anos sucessivos a 1940 a taxa de urbanização passa de 26% para quase 70%, sendo que a população total triplica. A grande cidade, mais do que nunca, é um polo da pobreza (SANTOS, 1993).

A concentração de terras, a industrialização brasileira desigual das regiões e a mecanização da agricultura são os principais responsáveis por esse processo de migração que resultou em falta de planejamento urbano, infra-estrutura e serviços públicos precários, favelização, violência urbana, poluição, dentre outros.

A cidade contemporânea é o local das contradições. Espaço em que coexistem as duas faces do capitalismo, a abundância de riquezas provenientes do avanço das forças produtivas e a escassez e simplicidade na qual vive a maioria da população. Apesar do crescimento econômico da última década e meia devido a mudança na condução da política econômica, com expansão do mercado interno e com os programas de transferência de renda (ROLNIK; KLINK, 2011), a cidade continua sofrendo inúmeras mazelas.

No quesito meio ambiente não poderia ser diferente. Se considerarmos a cidade como um organismo vivo, sem dúvidas ele seria um parasita da biosfera (ODUM, 1988). Hoje se trabalha muito mais a mitigação dos problemas sociais emergenciais do que no sentido de antecipar os problemas socioambientais e a capacidade de suporte dos ecossistemas. A chamada “Agenda Marrom” (ANDRADE; BLUMENSCHIN, 2014).

Enquanto os países desenvolvidos podem se preocupar com suas “Agendas Verdes”, provendo qualidade de vida aos seus habitantes e promovendo a imagem de suas nações, ao Brasil é relegado o desenvolvimento de um “capitalismo dependente” (FERNANDES, 1973).

Minério de ferro, petróleo bruto, soja, carne, açúcar e café são nossos produtos mais exportados (SEIS PRODUTOS..., 2012).

Apesar da escala de abordagem deste trabalho não ser internacional cabe ressaltar a importância econômica e ambiental desse tema para que possamos rumar para um processo de “desmaterialização da economia” brasileira⁵ (BARTELMUS, 2002 apud TANIMOTO, 2010). A situação econômica brasileira também é crítica com relação ao indicador de eficiência mássica (t/US\$) (TANIMOTO, 2010), ou seja, a exportação majoritária de bens primários, com pouco valor agregado, é ineficiente para garantir uma balança comercial favorável.

Esforços internacionais que almejam a sustentabilidade das cidades têm sido realizados, como é o caso da Agenda 21, resultado da Eco-92, e a Agenda Habitat, resultado da Conferência da ONU de 1996 em Istambul, pouco levado ainda à prática (ANDRADE; BLUMENSCHIN, 2014). A nível nacional o Programa Cidades Sustentáveis “tem o objetivo de sensibilizar, mobilizar e oferecer ferramentas para que as cidades se desenvolvam de forma econômica, social e ambiental sustentável” (ETHOS, s.d.).

O desenvolvimento capitalista com a aceleração na produção, redução de estoques e aumento da abrangência dos meios de comunicação de massa e forte influência da publicidade e propaganda gerou reflexos como o consumismo. Segundo Cortez (2009, p.35), “ato de consumir produtos e serviços, muitas vezes sem consciência”, muitos o consideram um dos principais problemas das sociedades modernas, evidenciando-se até como doença.

Nossa sociedade, denominada por Lefrèbvre “sociedade burocrática de consumo dirigido”, por Baudrillard de “sociedade de consumo” e por Debord “sociedade do espetáculo” tem sua base no modo de vida urbano. Marcada pela moda, pelo efêmero e pela obsolescência, nossas necessidades passaram a ser criadas. A produção de mercadorias não visa mais apenas atender às demandas (ORTIGOZA, 2009).

⁵ BARTELMUS, P. Dematerialization and Capital Maintenance: Two sides of the Sustainability Coin. Wuppertal Papers n. 120, 2002.

Na Agenda 21, encontra-se o seguinte excerto:

Enquanto a pobreza tem como resultado determinados tipos de pressão ambiental, as principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiente mundial são os padrões insustentáveis de consumo e produção, especialmente nos países industrializados. Motivo de séria preocupação, tais padrões de consumo e produção provocam o agravamento da pobreza e dos desequilíbrios. (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CNUMAD, 1997, cap. 4)

Por isso Cortez (2009) afirma que consumo e desperdício, duas ações que tomam lugar principalmente no espaço urbano, são faces das desigualdades, e o padrão de consumo das sociedades ocidentais modernas é socialmente injusto, moralmente indefensável e ambientalmente insustentável.

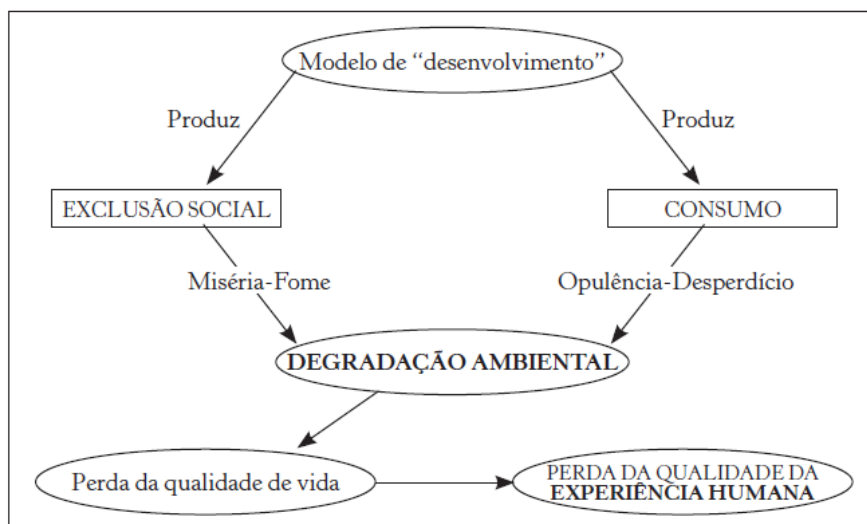


Figura 5 – Análise sistêmica do contexto socioambiental. Fonte: (DIAS, 2000).

De acordo com o Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Humano, o Brasil é um país que se situa na classe de Desenvolvimento Humano médio com relação ao consumo. Ao mesmo tempo, em 2004 ele era o quarto país em desigualdade de renda no mundo (RDH, 2006) e 24,7 milhões de brasileiros são considerados indigentes, e vivem com menos de R\$ 75 de renda familiar por mês (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2004).

Apesar desses dados terem se alterado positivamente após as datas dessas pesquisas, a desigualdade no Brasil ainda é gritante. Outra

desigualdade que deve ser considerada nessa análise é a intergeracional, pois desde que a sociedade passou a consumir mais que a capacidade de suporte do nosso planeta foi rejeitado às gerações futuras a certeza da vida (CORTEZ, 2009).

4.3. A questão dos Resíduos Sólidos: Por uma abordagem também Histórica e Ecológica

4.3.1. Ciclo de Nutrientes

Certa vez em uma palestra do projeto “Plantadores de Água”, o palestrante pergunta “qual é a casa da água?”. Cada pessoa respondeu uma coisa, mas então quando alguém disse “oceano” foi que entendi que a pergunta se tratava de uma simplificação da seguinte pergunta: “Qual etapa do ciclo hidrológico tem o maior tempo de permanência?”, ou ainda “qual é o *pool* (reservatório) da água?”⁶ (CAMPOS, 2014, informação verbal).

Começamos com a água já que, segundo Odum (1988, p. 113-114),

a reciclagem da água é um bom início [para pensar a conservação dos recursos da natureza], porque se o ciclo hidrológico puder ser mantido e consertado, existirá uma melhor chance de se controlarem os nutrientes que se movimentam junto com a água.

Mas o estudo dos ciclos biogeoquímicos, também chamado ciclagem de nutrientes, é complexo e exige uma abordagem holística pois o ciclo hidrológico se relaciona com o ciclo do nitrogênio que se relaciona com o ciclo do carbono que por sua vez se relaciona com o ciclo do enxofre. Essa é a beleza do estudo a partir da ótica de “ecossistema”, os seres bióticos e abióticos estão inseparavelmente inter-relacionados e interagem entre eles (ODUM, 1988).

⁶ Informação verbal obtida com CAMPOS, Newton em palestra do VI Encontro Nacional de Grupos de Agroecologia, de 12 a 14 de Novembro de 2014, em São Carlos

Na tabela 3,mostrada a seguir, podemos observar a composição dos 12 km que compreendem a camada sólida da Terra (troposfera) assim como a composição do ar, das plantas e do ser humano, lembrando que a água representa 80 a 95% da planta, mas essa quantidade não é computada por tratar-se de matéria seca.

Tabela 3 – Composição de rocha, planta e homem.

Elemento químico	Litosfera (rocha) %	Troposfera (ar) %	Planta (matéria seca) %	Homem %
Carbono	-	0,03	43,57	55,99
Oxigênio	46,60	20,95	44,00	14,62
Hidrogênio	-	0,00005	6,24	7,46
Nitrogênio	-	78,09	1,46	9,33
Silício	27,72	-	1,17	0,005
Alumínio	8,13	-	0,11	-
Ferro	5,00	-	0,08	0,012
Cálcio	3,63	-	0,80	4,67
Sódio	2,83	-	0,05	0,47
Potássio	2,59	-	1,92	1,09
Magnésio	2,09	-	0,18	0,16
Enxofre	traços	-	0,17	0,78
Fósforo	traços	-	0,20	3,17

Fonte: (MOHR; BAREN, 1954 apud PRIMAVESI, 1979, p.256)

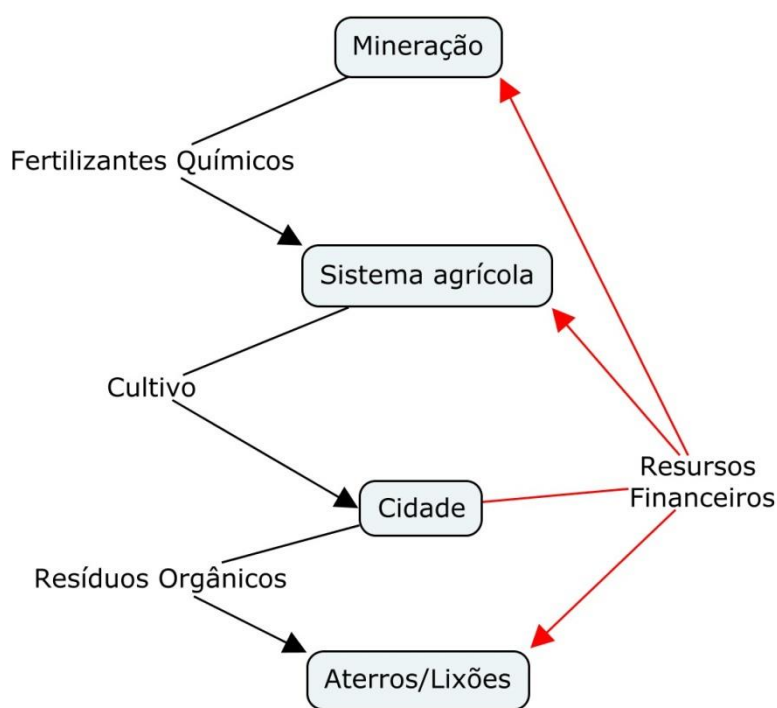
Dos mais de 90 elementos conhecidos pelo homem, a vida depende de 30 a 40 (ODUM, 1988) sendo que o carbono, o oxigênio, o hidrogênio e o nitrogênio são necessários em grandes quantidades, como pode-se observar pela tabela mostrada acima. É interessante diferenciar os elementos que têm seus reservatórios gasosos e aqueles que o possuem de tipo sedimentar.

Por exemplo, o reservatório do nitrogênio é claramente de tipo gasoso, representando 78,09% da composição da troposfera, conforme tabela 3. Isso nos leva a questionar a forma como o tratamento de esgoto e deposição de lodo é largamente realizado no mundo hoje. No esgoto encontra-se de 20 a 70 mg/L de nitrogênio (METCALF & EDDY, 2003; PROSAB, 2006), sendo que os padrões de potabilidade não passam de 10 mg/L (Portaria 2.914/11, Ministério da Saúde).

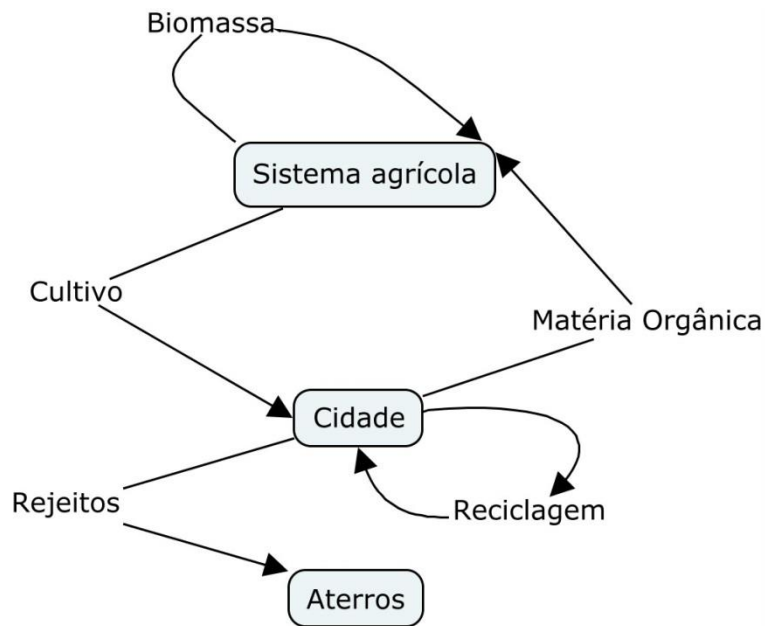
Como o nitrogênio é um elemento com alta demanda nos solos agricultáveis, o referido efluente e lodo seriam de maior utilidade caso houvessem sua correta destinação no solo, como prevê a Resolução CONAMA

375/06. Essa lógica deveria ser usada para alcançar uma maior sustentabilidade das cidades. Aquilo que representa altos gastos ao poder público poderia ser encarado como fonte de nutrientes, e portanto, de forma descentralizada poderia ser tratado e utilizado na agricultura.

O mesmo raciocínio deveria ocorrer com a questão dos resíduos orgânicos. Através da compostagem poderíamos dar uma destinação nobre a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos. Essa ciclagem de nutrientes em larga escala, portanto, poderia diminuir a pressão sobre a extração de nutrientes minerais e recuperar a fertilidade e a sanidade dos solos agrícolas com o retorno da matéria orgânica, como exemplificado nos esquemas ilustrados pelas Figuras 6 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 6 -Fluxo de recursos materiais e financeiros (a) Em seu estado atual (b) Proposta de aumento de sustentabilidade

Na Figura 6 (a) observa-se um ciclo aberto unidirecional de recursos materiais em direção aos aterros sanitários e lixões, sendo que apenas recursos financeiros fecham os ciclos entre os sistemas. Já na Figura 6 (b) observa-se um fechamento do ciclo de nutrientes, com retorno da matéria orgânica aos sistemas agrícolas, considerando também a produção de biomassa que auxilia na manutenção da fertilidade sem a necessidade de insumos advindos da mineração que é uma atividade causadora de grandes impactos.

4.3.2. A História do “Lixo”

[...]

“O que farão com as velhas roupas?”

“Faremos lençóis com elas.”

“O que farão com os velhos lençóis?”

“Faremos fronhas.”

“O que farão com as velhas fronhas?”

“Faremos tapetes com elas.”

“O que farão com os velhos tapetes?”

“Usá-los-emos como toalhas de pés.”

“O que farão com as velhas toalhas de pés?”

“Usá-las-emos como panos de chão.”

“O que farão com os velhos panos de chão?”

“Sua alteza, nós os cortaremos em pedaços, misturá-losemos com o barro e usaremos esta massa para rebocar as paredes das casas.”

Devemos usar, com cuidado e proveitosamente, todo artigo que a nós for confiado, pois não é “nosso” e nos foi confiado apenas temporariamente.⁷



Figura 7 –Trabalho de Compostagem em 1481

Fonte: (EIGENHEER, 2009)

Segundo Eigenheer (2009), o problema do “lixo” se inicia há 4 mil anos a.C. com a fixação do homem em aldeias e, principalmente, em cidades. Na mitologia grega, a expressão dessa problemática é retratada em uma passagem na qual Hércules tem a missão de transferir as fezes acumuladas nas estrebarias do rei Augias. Ele a cumpre desviando um curso d’água para dentro dos estábulos, levando o estrume para fertilizar os campos para a

⁷ A Doutrina de Buda. Tokyo. BUDDHIST PROMOTING FOUNDATION, 1979, p.439-41 apud EIGENHEER, 2009, p.55.

agricultura. Daí o patrono da limpeza urbana na antiga Grécia ser este semideus (EIGENHEER, 2009).

Na maior parte da história, o “lixo” era formado majoritariamente por resíduos orgânicos e, portanto, não representavam grandes problemas em locais que dispunham de áreas abertas e grandes espaços livres que permitiam a depuração que não causasse desconforto aos sentidos e multiplicador de vetores de doença (EIGENHEER, 2009).

A situação se complica com o aumento populacional e o adensamento das cidades. A criação de animais, que por um lado serviam para eliminar os resíduos orgânicos, por outro eram responsáveis por uma crescente produção de excrementos e disseminação de doenças.

Com o fim da Idade Média alguns intelectuais demonstram preocupação com a questão dos rejeitos, como Leonardo da Vinci que desenha esquemas de limpeza urbana que infelizmente não são postos em prática.

Apenas a partir do século XIX é que se passa a distinguir claramente lixo(resíduos sólidos) e águas servidas (fezes, urina, etc.), que é quando estas passam a ser coletadas separadamente (EIGENHEER, 2009). Victor Hugo, em sua obra “Os Miseráveis”⁸ escreve o seguinte trecho sobre o tema (apud EIGENHEER, 2009, p.56-57):

I – A terra empobrecida pelo mar

Paris lança anualmente vinte e cinco milhões à água. Não é metáfora. Como e por que modo? De dia e de noite. Com que fim? Sem fim nenhum. Com que pensamento? Sem em tal pensar. Para quê? Para nada. Por meio de que órgão? Por meio do seu intestino. Qual é o seu intestino? São os seus canos de esgoto. Vinte e cinco milhões é ainda a mais moderada das cifras aproximativas apresentadas pelas avaliações da ciência especial. A ciência, depois de ter por muito tempo andado às apalpadelas, sabe hoje que o mais fecundante e eficaz adubo é o excremento humano. Antes de nós, digamo-lo para nossa vergonha, já os chineses o sabiam. Não há um só aldeão chinês – diz Ekebert – que, ao voltar da cidade, não traga pendurados das pontas do seu bambu dois baldes cheios do que nós chamamos

⁸ HUGO, V. Os Miseráveis, vol. V, p.146-8 e 152

imundícies. Atualmente, a terra na China é ainda tão nova como no tempo de Abraão, e isto é devido ao excremento humano. O trigo chinês produz cento e vinte por um. Não há guano comparável ao excremento de uma capital.

No Brasil Império um escrito de imenso valor mostra a opinião e descrição do professor Guignet da Escola Polytechnica do Rio de Janeiro sobre a viabilidade econômica da compostagem como forma de tratar os resíduos orgânicos e aplicá-los na agricultura (ANEXO I).

Ao comparar a importância do estrume e restos de animais aplicados na agricultura com a importância do dinheiro para se realizar a guerra, Prof. Guignet mostra que a prática de curtir os resíduos orgânicos e aplicá-los ao solo é universalmente praticada e economicamente vantajosa. Podendo ser realizada tanto em fazendas e aproveitar todos os tipos de dejetos, quanto para a cidade do Rio de Janeiro e fertilização da planície de Inhaúma com os compostos das fezes de seus habitantes (ANEXO I).

No contexto urbano brasileiro, segundo Miziara (2006), a pavimentação das ruas está intimamente ligada com a preocupação pela retirada das imundícies, pois em mistura com o barro dificultavam ou impediam o bom trânsito da cidade.

A edição do Código de Posturas de São Paulo em 1875 e sua ampliação em 1886 continha o artigo VII intitulado “Da higiene e salubridade pública” no qual permitia que um fiscal inspecionasse casa ou quintal com objetos em estados que pudessem prejudicar a saúde pública. Além disso, esse artigo proibia a queima de resíduos em áreas públicas e incumbia à Câmara Municipal a determinação dos locais de deposição dos resíduos (MIZIARA, 2006).

Em 1894 foi promulgado o primeiro Código Sanitário do Estado com posturas mais rígidas que o código anterior, para enfrentar a ameaça da febre amarela, traçando o que Miziara (2006) intitula uma “geografia da cidade” traçado pelo “resto”. Sua norma básica consistia no:

[...]afastamento dos centros urbanos ou populosos de tudo aquilo que pudesse depor contra os preceitos de civilidade e,

consequentemente, de higiene. Dessa maneira, lixo, pobres, mortos, vacas, bois, indústrias poluentes, operários e habitações coletivas fazem parte do mesmo espaço, daquilo que precisa estar fora do centro da cidade” (MIZIARA, 2006, p.07).

Com a chegada do século XX, o doutor sanitarista Cavalcanti, incumbido pela Diretoria de Serviço Sanitário de São Paulo, via no “incinerador a maneira mais civilizada de colocar São Paulo na sua devida trajetória: a do progresso”. Com o início da quantificação dos resíduos e maior controle sobre a coleta, a necessidade de “tirar o lixo do quintal significou classificar de inútil o que usualmente não o era” (MIZIARA, 2006, p.09).

Nos anos 70 do século XX, uma reviravolta na questão dos resíduos sólidos ocorre com a inserção no mercado dos sacos de polietileno para uso doméstico. Em 1972, a Lei nº 7.775 da Prefeitura de São Paulo estabelece a obrigatoriedade do acondicionamento do lixo em sacolas plásticas nos locais de coleta noturna. O uso dos caminhões basculantes é outro fator que torna a coleta mais veloz e eficiente (MIZIARA, 2006).

A questão dos resíduos sólidos urbanos passa então a ser uma questão puramente técnica relegada às empresas prestadoras de serviço de natureza privada, em grande parte (MIZIARA, 2006). Um alto custo ao município e quase nenhum retorno ou geração de renda, além dos empregos diretos.

A nível de costumes, a família brasileira, influenciada pelo discurso da higiene e praticidade aumentou vertiginosamente seu consumo de plásticos descartáveis. O costume de destinar os restos de alimentos aos animais foi praticamente abandonado nas cidades e a cultura da compostagem vigora em poucas residências.

4.3.3. Gestão e Gerenciamentode Resíduos Sólidos

Por gerenciamento de resíduos sólidos entende-se como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, para resolver essa problemática, sendo que a gestão pertence a uma dimensão mais estratégica. A gestão e gerenciamento integrados são aqueles que englobam os aspectos sanitários, ambientais, econômicos, políticos, culturais e sociais, sendo portanto os mais completos para tratar a problemática (BRASIL, 2010; SOUTO e POVINELLI, 2013).

A Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é o documento norteador que dispõe sobre os princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos da gestão e gerenciamento integrados dos resíduos sólidos tanto no contexto urbano assim como no rural. Ela consolida uma importante diferenciação entre resíduos e rejeitos. Estes são os resíduos que não têm mais possibilidade de tratamento e recuperação por processos tecnológicos, devendo ser dispostos de forma adequada ambientalmente.

Essa diferenciação, que aprofunda o tratamento dado popularmente aos resíduos através do termo “lixo”, é fundamental e estruturante na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Com a PNRS, os municípios brasileiros deverão separar os resíduos recicláveis dos rejeitos e destiná-los ao tratamento adequado, dispondo em aterros sanitários apenas os rejeitos.

Na definição da PNRS, reciclagem é o aproveitamento dos resíduos como matéria-prima para novos produtos com a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas (BRASIL, 2010). Portanto, a compostagem se constitui um tipo de reciclagem, pois ela permite a reciclagem da matéria orgânica e utilização no solo.

O aumento do consumo, incluindo o aumento do consumo de materiais com curto ciclo de vida, e a alienação dos consumidores diante do destino que se dá aos seus resíduos é um fator de invisibilização do impacto dos resíduos

sólidos sobre o meio ambiente. A “eficiência” na coleta dos resíduos urbanos e a construção de uma cultura de primor pela higiene reforçaram essa alienação.

Segundo a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE e o IBGE, de 2012 a 2013 houve um aumento de 4,1% na quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU), superior à taxa de crescimento, que foi de 3,7%, conferindo uma média de 1,041 kg de resíduos por habitante/dia. Com relação à quantidade de RSU coletado per capita, o valor é de 0,941 kg/hab/dia, o que significa que 20.000 toneladas deixam de ser coletados todos os dias (ABRELPE, 2013).

Com relação à coleta seletiva, 62,1% dos municípios têm alguma iniciativa nesse sentido, sendo que esse valor inclui também simplesmente a disponibilidade de pontos de entrega voluntária. As iniciativas de coleta e tratamento dos resíduos orgânicos no contexto nacional não chega nem a ser significativo em termos quantitativos (ABRELPE, 2013).

A destinação final também segue padrões alarmantes com 41,74% sendo feita de maneira inadequada, o que representa 78.987 toneladas de resíduos sendo destinados a lixões e aterros controlados (que pouco se diferenciam dos lixões) diariamente (ABRELPE, 2013).

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRES (2000), o Brasil possui uma média de 52,5% de resíduos orgânicos na composição do lixo domiciliar. Na cidade de São Carlos - SP esse valor é ainda maior, chegando a 60% de resíduos orgânicos (FRÉSCA, 2007).

Como São Carlos não possui uma gestão de resíduos sólidos que recolha e trate esse resíduos de forma adequada, essa quantia vai hoje para o novo Aterro Municipal de São Carlos (figura 8), inaugurado em 26 de junho de 2013 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS, 2013).



Figura 8 –Aterro Sanitário do Município de São Carlos recém-inaugurado.
Fonte: (PREFEITURA..., 2013)

Segundo a mesma matéria, cerca de 180 toneladas de resíduos chegam todos os dias ao aterro. O tratamento adequado de todos os resíduos orgânicos da cidade significaria 108 toneladas por dia que deixariam de ocupar espaço e diminuir a vida útil do aterro, além de diminuir os gastos com coleta e reduzir o potencial de poluição ambiental dos resíduos urbanos, com diminuição do chorume e de gases de efeito estufa.

Essa potencialidade deveria ter deixado de ser uma ideia e se tornado realidade com a PNRS que, em seu Artigo 54, prevê que “a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos [...] deverá ser implantada em até quatro anos após a data de publicação desta lei” (BRASIL, 2010).

Como esse prazo se encerrou em 2 de agosto de 2014, a Confederação Nacional dos Municípios (CNM) se articulou para incluir uma prorrogação do prazo através da Medida Provisória 651/14 alegando que 61,7% dos municípios estava em desacordo com a lei. Porém essa prorrogação foi vetada pelo Vice-Presidente da República, Michel Temer (SECRETARIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS, 2014).

Observa-se grande descaso por parte dos gestores públicos no cumprimento da PNRS que levou quase 20 anos para ser elaborada, levando em conta o desenvolvimento sustentável dos municípios brasileiros. A correta separação e tratamento dos resíduos recicláveis, incluindo os orgânicos, será um importantíssimo avanço na questão ambiental brasileira, reduzindo a quantidade destinada a aterros a 16,2% do valor atual (IPT; CEMPRE, 2000).

5. METODOLOGIA

A partir do levantamento bibliográfico, discussão e reflexões sobre os macrotemas “Questão Ambiental”, “Agroecologia”, “Resíduos Sólidos”, “Termodinâmica” e “Agricultura Urbana” para realização de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental buscou-se traçar um panorama holístico da problemática atual dos resíduos orgânicos urbanos propondo formas que auxiliem no fechamento do ciclo dos nutrientes. As seguintes bases de dados Periódicos Capes, SIBI – Sistema Integrado de Bibliotecas USP, *Google Scholar* e *Web of Knowledge* foram respectivamente as mais utilizadas para buscas dos temas mencionados.

Foram utilizados artigos, dissertações, teses, livros e outras publicações disponíveis na Web que abordavam os macro-temas de forma mais ampla e que incluíssem a questão do ciclo de nutrientes, com ênfase na matéria orgânica e na reconstituição da fertilidade do solo.

Observa-se a inserção dos quintais urbanos na busca de cidades mais sustentáveis com foco na experiência do autor em agricultura urbana de 4 anos acompanhando o desenvolvimento de um quintal de 200 m² e de 2 estágios em agricultura urbana, um na Horta Municipal de São Carlos e um na cidade de Bolonha – Itália, através do Programa Ciência sem Fronteiras.

A identificação das espécies do quintal foi feito através dos livros “Plantas Medicinais no Brasil” de Harri Lorenzi e E.J. Abreu Matos, 2ª Edição e “Plantas Medicinais Irmão Cirilo” escrito por Irmão Cirilo e atualizado por Prof. Roque, 63ª edição, além de informação verbal com especialistas da área.

5.1. Descrição da área de estudo

A cidade de São Carlos se localiza a 240 km da capital do estado de São paulo, possui 221.936 habitantes, sendo que 96% desta população está na área urbana. Possui uma população flutuante de 20 mil habitantes (IBGE, 2010), devido principalmente às duas universidades públicas existentes, USP e UFSCar.

A habitação em foco se localiza no centro da cidade de São Carlos próximo ao cruzamento das ruas Aquidaban e Marechal Deodoro. Constituída por uma casa principal e uma edícula, possui 3 quartos, 2 banheiros, 1 cozinha, 1 sala e 1 varanda naquela e 2 quartos, um banheiro, um atelier de arte e uma lavanderia com entrada externa neste.

Na parte externa, a casa possui uma varanda com área frontal aberta, dois corredores de ar, um espaço entre a casa e a edícula e um quintal na parte de trás. A área entre a casa e a edícula é utilizada como viveiro de mudas e a área não concretada corresponde a aproximadamente 210 m², ou 42% do terreno.

A referida casa é utilizada como residência estudantil desde 2009, sendo que o autor deste trabalho passou a habitar nela em 2011, e este será o marco de início do estudo. A quantidade de habitantes nela sempre girou entre 7 e 11 pessoas, sendo que hoje possui 9 moradores, um gato e um cachorro.

5.2. Experimentação de ferramentas de construção de Mapas Conceituais e Fluxogramas

A partir da leitura da dissertação de mestrado de Aguiar (2012) optou-se por experimentar a construção de fluxogramas e mapas conceituais através do *software* gratuito Cmap Tools ® do IHMC – *Florida Institute for Human & Machine Cognition* e do *software* online gratuito por 10 dias Lucidchart ® para

a compreensão das interrelações entre elementos e fluxos de massa e energia dos sistemas.

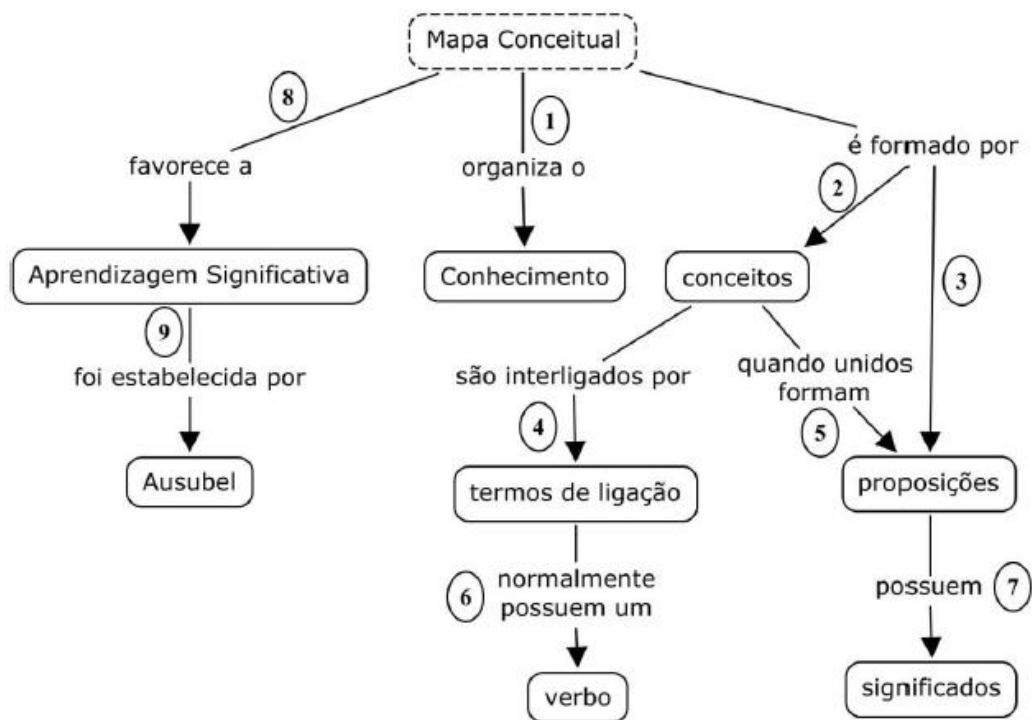


Figura 9 –O que são Mapas Conceituais?

Fonte: (AGUIAR, 2012).

O Mapa Conceitual acima (figura 9) demonstra como ler e interpretar mapas conceituais. A enumeração foi feita pela autora para facilitar a leitura. A diferença entre mapas mentais e mapas conceituais é justamente a presença de conectores (AGUIAR, 2012). Os conectores explicam a relação entre os elementos, como por exemplo no número 1 lê-se: “O Mapa Conceitual organiza o conhecimento”.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Discussões acerca da Termodinâmica da Vida

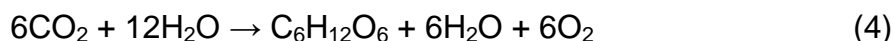
Ao longo do levantamento bibliográfico nota-se que a postulação da 2ª Lei da Termodinâmica, a Lei da Entropia, abre possibilidade de crítica quanto à sua infabilidade quando utiliza os termos “espontâneo” e “sistema isolado”.

Processo espontâneo é primeiramente enunciado por Atkins (2012, p.288) como: “Um processo é espontâneo se ele tem a tendência de ocorrer sem estar sendo induzido por uma influência externa”. Mais a frente no mesmo capítulo Atkins (2012, p.314) completa: “Um processo é espontâneo se ele é acompanhado pelo aumento de entropia total do sistema e da vizinhança”.

Agora demonstrando o reducionismo que pode levar a generalizações que não descrevem completamente o funcionamento do universo, temos, segundo Atkins (2012, p.308), “o sistema em si e sua vizinhança constituem o ‘sistema isolado’ ao qual a segunda lei se refere [...]”.

O foco no objeto de estudo e sua vizinhança, “que juntos formam ‘o universo’” (ATKINS, 2012, p.288-289), é um equívoco, uma vez que desconsidera fatores externos à esse universo que podem interferir no grau de desordem ou de organização do sistema.

Para tornar mais claro observa-se a reação de fotossíntese, realizada por uma planta superior:



A variação da energia livre de Gibbs (ΔG^0) para essa reação, com irradiação na faixa de $\lambda=680$ nm é de 2.880,31 kJ/mol de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (ALVARRÁN-ZAVALA, 2007). Ou seja, ela é uma reação endotérmica fotodependente.

Considerando,

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S \quad (5)$$

Em que ΔH corresponde à Variação da Entalpia, T à Temperatura em Kelvin (K) e ΔS à Variação da Entropia.

Tabela4 – Valores da Variação da Entalpia de formação ($\Delta_f H$) e Entropia (S) dos produtos e reagentes da Fotossíntese.

Variável	$\Delta_f H$ (kJ/mol)	S (J/(K.mol))
Substância		
CO₂	-393,3	213,7
H₂O	-285,5	69,9
C₆H₁₂O₆	-1.271	209,2
O₂	142,35	205,1

Fonte: (ATKINS, 2012)

Sendo,

$$\Delta H = H_{\text{prod}} - H_{\text{reag}} \quad (6)$$

Com os dados acima calcula-se a variação da entropia para essa reação. O resultado ($\Delta S = 2,60 \text{ kJ/K.mol}$) é um valor positivo, em conformidade com a 2ª lei da termodinâmica. Observa-se o enquadramento desta reação como espontânea ou não através da Tabela 6 extraída de Atkins (2012, p. 316):

Tabela 5 – Fatores que favorecem a espontaneidade

Variação da entalpia	Variação da entropia	Espontâneo?
Exotérmico ($\Delta H < 0$)	Aumenta ($\Delta S > 0$)	Sim, $\Delta G < 0$
Exotérmico ($\Delta H < 0$)	Diminui ($\Delta S < 0$)	Sim, se $ T \cdot \Delta S < \Delta H $, $\Delta G < 0$
Endotérmico ($\Delta H > 0$)	Aumenta ($\Delta S > 0$)	Sim, se $T \cdot \Delta S > \Delta H$, $\Delta G < 0$
Endotérmico ($\Delta H > 0$)	Endotérmico ($\Delta S < 0$)	Não, $\Delta G > 0$

Fonte: (ATKINS, 2012, p. 316)

Tendo em vista que a fotossíntese possui $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$, $\Delta G > 0$, e $T \cdot \Delta S < \Delta H$, ela é uma reação que não se encaixa em nenhuma das possibilidades dadas pela tabela, enquadrando-a como não espontânea.

A dúvida que surge apartir desse resultado é: Como a fotossíntese é uma reação que aumenta o grau de desordem do universo se estudos mostram que ela é a única reação que teria a capacidade de preparar as condições atmosféricas para abrigar a complexidade da vida que possuímos hoje no Planeta Terra (WAYNE, C.; WAYNE, R., 1996)?

Além de analisar o resultado numérico do cálculo da entropia levamos em consideração o papel ecológico das plantas superiores, entendendo-as como produtoras primárias de energia química e sequestradoras de carbono. Essa capacidade fotossintética única dos produtores primários é o que permitiu o desenvolvimento de toda a rede trófica que vem em seguida. As árvores não são apenas responsáveis pela produção de alimentos, mas também são responsáveis pela fertilidade das florestas (PRIMAVESI, 1979).

Para elucidar mais a questão, imagina-se três cenários, todos com a presença do Sol em seu zênite. O primeiro cenário é um deserto sem vegetação, o segundo uma avenida movimentada de um grande centro urbano e o terceiro uma floresta tropical. Nos dois primeiros cenários percebe-se um elevado grau de desordem, com temperatura ambiente elevadíssima e ventos em alta velocidade, com as diferenças que no primeiro observa-se pouca vida e no segundo, uma grande atividade humana, com rumores e fumaça de automóveis, luzes, movimento, dentre outras coisas.

No terceiro cenário, o estrato arbóreo impede a chegada de luz solar em grande faixa do solo, mantendo o ar raramente acima de 30°C e o solo a no máximo 24°C, e mesmo nessas faixas expostas a luz observa-se uma veloz sucessão ecológica (PRIMAVESI, 1979). O habitat propício abriga grande diversidade de fauna e flora e a fertilidade necessária foi feita pela própria floresta (CARNEIRO, 2005).

Uma floresta tropical, através da sucessão ecológica e da produtividade primária líquida, é capaz de produzir biomassa para alimentar toda uma cadeia ecológica e ainda formar serrapilheira e húmus para tornar o ambiente mais

fértil para as próximas gerações. Como a Termodinâmica explica o processo de sucessão ecológica com aporte de matéria orgânica e recomposição da fertilidade do solo? Estaríamos lidando com um erro de conceito sobre o que é ordem e o que é desordem ou com um erro metodológico do que é o sistema, o que é o universo de estudo?

Prigogine (1955) em seus estudos sobre processos irreversíveis afirma que a limitação da termodinâmica clássica como ferramenta geral para descrições macroscópicas de processos físico-químicos reside no fato que esse método ser baseado em conceitos como “processos reversíveis” e “estados de equilíbrio verdadeiro”.

Segundo Prigogine (1955, p.119-120),

[...] we shall show that indeed there exists situations involving sequences of autocatalytic reactions for which the thermodynamic solution cannot be extended to far from equilibrium conditions. For sufficiently large values of the affinities characterizing the steady state, an instability appears. This instability leads to a new steady state whose major characteristic is that it is no more homogeneous in space. It leads, therefore, to a discontinuous decrease of entropy due to this inhomogeneity in space.

Sobre os organismos vivos, Prigogine (1955, p.134) afirma:

It is indeed clear that biological structures can only originate in a dissipative medium and be maintained by a continuous supply of energy. Biological structures so far as we can see, are always linked to inhomogeneities or differentiation in space, and the type of instability we have studied provides us with a precise link between such inhomogeneities and dissipation. Moreover, such dissipative structures exist for only narrow limits of the value of the parameters because of the required delicate balance between reaction rates and diffusion. If we would introduce a ‘poison’ to alter one of this factors, the whole organization would collapse. This again appears to be very similar to the well-known biological fact that a cell with practically the same chemical composition may be alive or dead.

Götsch (1995) é menos ortodoxo, e a partir da sua experiência de mais de 30 anos em manejo de Sistemas Agroflorestais afirma que a vida segue sentido contrário ao da entropia, pois além de aumentar o grau de organização

de cada organismo, é responsável por mais ordem e mais complexificação e grande quantidade de informação organizada (PENEIREIRO, 1999).

Para Götsch (PENEIREIRO, 1999),

A aparente desordem ou 'caos aparente' dos sistemas naturais esconde intrincados elementos responsáveis pela ordem dos sistemas. [...] A organização dos ecossistemas reflete a estratégia do Planeta que é a complexificação e os mecanismos geradores da ordem são as condições ambientais, os animais (polinizadores e dispersores) generalistas ou especialistas, e ainda os organismos responsáveis pela cibernética do sistema como os decompositores, as formigas cortadeiras, as 'pragas' e 'doenças', os cipós 'estranguladores', as plantas 'parasitas', etc.

Entende-se portanto, talvez muito mais pela observação do comportamento da natureza do que pela postulação de leis físico-químicas, que a complexa rede tecida pela vida em suas múltiplas inter-relações cria uma condição longe do equilíbrio que possibilita a formação e evolução da vida aqui na Terra (e talvez também em outros planetas).

Partindo dessa discussão Termodinâmica e tratando da agricultura enquanto atividade humana que pode aprimorar e acentuar determinados processos ecológicos como acelerar a sucessão ecológica e encurtar os ciclos biogeoquímicos, trataremos da Agroecologia enquanto Agricultura Sintrópica.

6.2. Realizando agricultura sintrópica no contexto urbano: O caso de um quintal agroecológico

Pretende-se agora mostrar práticas de manejo agrícola e gestão de resíduos orgânicos que tem sido realizadas em um quintal urbano para propiciar uma maior sustentabilidade na ciclagem de nutrientes e acelerar a sucessão ecológica.

Como pode-se observar na figura 10, apesar de se encontrar no centro, essa região da cidade possui grande potencial de realizar agricultura urbana. Isso se deve ao fato do padrão dos terrenos serem de grandes dimensões e ainda conservarem quintais e também à grande quantidade de terrenos não construídos.



Figura 10 –Áreas passíveis de se realizar Agricultura Urbana no Centro de São Carlos-SP (a) Localização da habitação em estudo (b) Zoom Out com mancha de alta densidade construtiva e terrenos passíveis de Agricultura Urbana.

A grande área não cimentada sempre foi um estímulo à agricultura urbana, mas a falta de tempo, de recursos para investimento em mudas, equipamentos e insumos e falta de experiência representavam empecilhos. Por muito tempo a área manejada significava menos da metade da área total do quintal, contendo desde o início uma área para compostagem, um bananal, pequenas hortas sazonais, pequena quantidade de ervas medicinais e

ornamentais e grande quantidade de braquiária, mamona, fumo bravo e outras plantas adventícias.

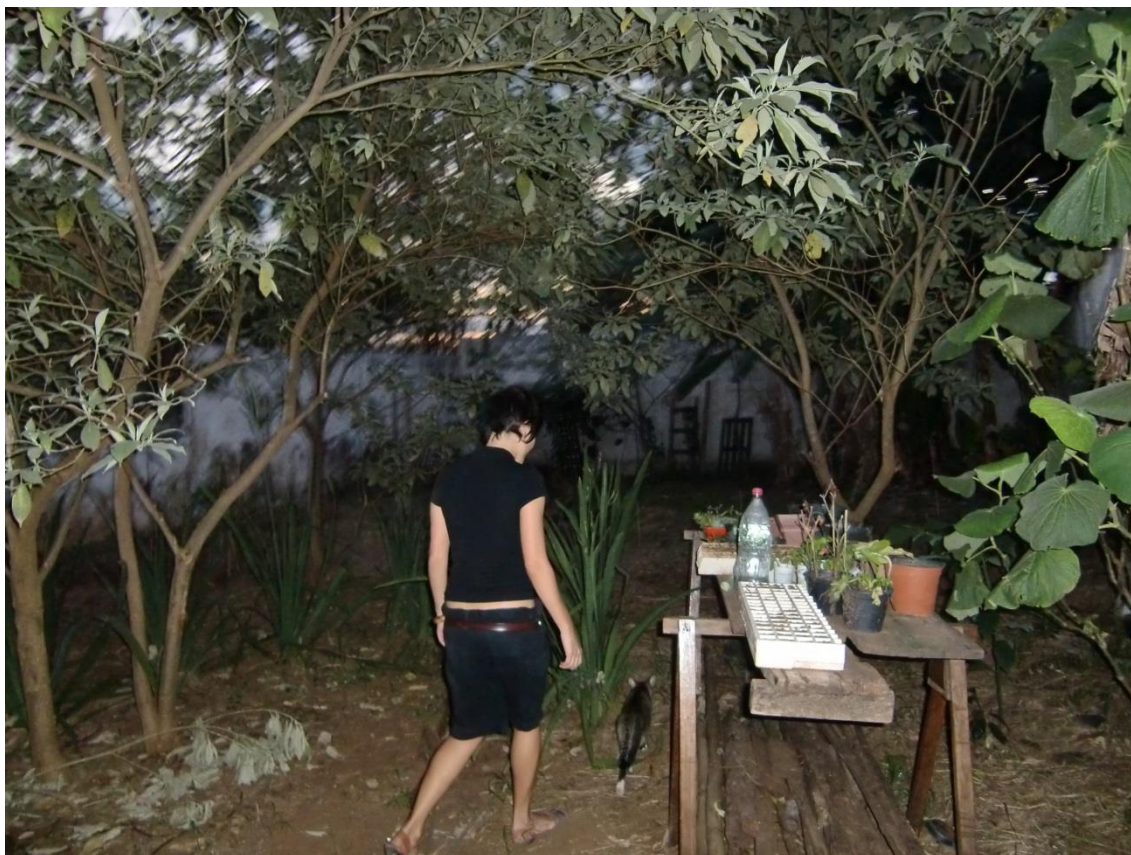


Figura 11 – Entrada do quintal no segundo semestre de 2011.

O manejo do quintal nos dois primeiros anos foi feito com muito pouco planejamento, mas seguindo os seguintes princípios básicos: 1) respeitar a sucessão ecológica, retirando apenas as plantas adventícias que se espalhavam muito rápido, como a mamona e a braquiária; 2) manter o fluxo de entrada de matéria sempre maior do que o de saída (figura 12); 3) evitar manter o solo descoberto (sem serrapilheira) e evitar carpir profundo, expondo, compactando e revirando o solo com as enxadadas.

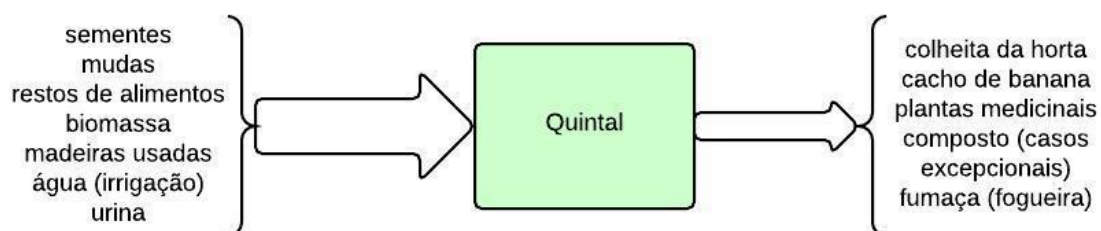


Figura 12 –Fluxograma de entrada e saída de matéria do Quintal.



Figura 13 –Produção de alimento e semente a partir de agricultura urbana.

A partir de 2013 sistematizou-se melhor o manejo do quintal ao fazer desenho esquemático das áreas e seus respectivos fins. Isso foi de grande importância para socializar as pretensões com cada área e impedir o que a permacultura chama de retrabalho, que é quando um trabalho deve ser refeito por não ter sido bem executado.

O ano de 2014 foi o que permitiu mais avanços na consolidação das áreas com a criação do canteiro de plantas medicinais, a construção do caminho de madeira, a melhoria nas estruturas da composteira e a inauguração de uma área coberta para realizar atividades e confraternizações.



Figura 14 – Cercamento do canteiro de plantas medicinais para impedir a entrada dos animais



Figura 15 – Construção de uma mini-estrutura para a composteira com retirada do composto pronto. Produção de 5 baldes e utilização para plantio.



Figura 16 – Manejo da área com plantio de feijão-guandú (adubação verde) e abertura da área para instalação da tenda.

No começo do ano de 2015 uma moradora contratou o serviço de um jardineiro que carpiu o quintal de forma rápida e descontextualizada, retirando grande quantidade de plantas de ciclo curto que haviam sido plantadas no final do ano anterior (principalmente milho, abóbora, abobrinha e tomate) regadas pelo período das chuvas. A biomassa retirada foi toda empilhada no bananal, deixando o solo descoberto. Essa questão é inclusive outro limitante para a agricultura urbana feita em moradias estudantis. O período chuvoso coincide com as férias escolares de final de ano.



Figura 17 – Foto do quintal após dois meses sem manejo em fevereiro de 2015

Em 2015 pensou-se numa intervenção menor porém mais qualificada. Renovou-se o bananal, que há anos sofre com broca da banana e produzia muito pouco e utilizou-se a biomassa para enriquecer uma área adjacente.



Figura 18 –Banal sob ataque da broca-da-banana sendo utilizada como fonte de matéria orgânica.

A bananeira é uma planta muito utilizada nos sistemas agroflorestais (SAFs) pois, além de produzir uma fruta muito apreciada, ela pode ser manejada e utilizada para incorporação de matéria orgânica no sistema. A área adjacente foi nominada como ilha de fertilidade. Cavou-se uma trincheira de 30 cm (Figuras 19 e 20) utilizando a terra para levantar um canteiro que circunda a amoreira e alguns pés de mandioca.

As trincheiras foram cobertas por troncos finos e galhos na parte inferior e com folhas de feijão-guandú e fumo bravo na parte superior (Figuras 19 e 20). Os pseudo-troncos da bananeira picotados foram utilizados para segurar os canteiros, como observa-se na Figura 21.



Figura 19 – trincheiras de absorção de matéria orgânica.



Figura 20 – Preparação do canteiro circular.



Figura 21 – Colocação dos tocos de bananeira.

No meio da ilha de fertilidade podou-se a amoreira e foram plantados uma bananeira e uma taioba além de sementes esparsas e cobriu-se em seguida. Com a chegada da época de estiagem espera-se que essa grande quantidade de matéria orgânica possa diminuir a demanda das plantas por irrigação.

Ao longo de quatro anos de manejo dos 200 m² de quintal urbano, fez-se o levantamento das seguintes espécies:

Tabela 6 – Levantamento das espécies de plantas presentes no Quintal.

Argyreia	Mucuna-vermelha	Ave-do-paraíso	Tomate
Íris	Mamão	Boldo	Berinjela
Bananeira	Fumeiro-bravo	Abobrinha	Cenoura
Braquearia	Taioba	Arruda	Pimenta cumari
Mamona	Amoreira	Manjerição	Murta
Pitanga	Mandioca	Losna	Sabugueiro
Hibisco	Café	Pariparoba	Assa-peixe
Mucuna-preta	Abacate	Capuchinha	Lavanda
Feijão de Porco	Uva	Alecrim	Caruru
Feijão-guandu	Pequi	Abóbora	Picão
Couve	Bromélia	Orégano	Espada de são jorge
Brocolis	Malva	Salsão	Manjerição roxo
Menta	Capim-cidreira	Quebra-pedra	Cará-do-ar
Sálvia	Abacaxi	mangueira	Trapoeira
Babosa	Dente-de-leão	serralha	Guaco

A biodiversidade do quintal é reflexo do trabalho de plantio, transplante e manejo realizado ao longo destes anos, mas é principalmente devido ao solo ter recomposto sua fertilidade, permitindo que a sucessão ecológica e os pássaros tomassem conta do processo.

As 60 espécies identificadas, além das que estão no viveiro para serem transplantadas representam uma biodiversidade digna de uma pequena floresta. Com tamanha biodiversidade garante-se que as relações interespecíficas criem um ambiente são e resiliente a pragas, que tenderá à uma rápida sucessão ecológica.

Infelizmente não encontramos tamanha biodiversidade no ambiente urbano. A arborização urbana tem um caráter muitas vezes mais estético do que ecológico, sendo que em muitas ruas encontram-se as mesmas espécies dispostas em sequência, já que esse tipo de arborização é restrito a árvores com raízes e copas específicas que não atrapalhem a pavimentação e a rede elétrica.

Ao mesmo tempo em parques, praças e outros espaços abertos da cidade é comum a presença de gramados sem serrapilheira e árvores dispostas na forma de bosques, ou seja, sem estratificação das copas das

árvores. Além disso, hoje é muito comum observar jardineiros e garis que juntam folhas e restos de poda e capina e colocam em sacos plásticos.

Essas práticas de jardinagem e limpeza urbana são muito danosas à fertilidade do solo pois impedem a ciclagem de matéria, empobrecendo o solo, a saúde das plantas e expondo-o às intempéries (principalmente erosão e compactação), ao passo que toda essa matéria orgânica muitas vezes é destinada à coleta, que acaba indo para o aterro do município.

Esses procedimentos, na maior parte das vezes, são feitos por motivos estéticos ou com a preocupação que essa matéria orgânica possa entupir os dispositivos de drenagem urbana. Porém, isso ocorre quando o solo está compactado e desencadeia um processo de erosão, mas mecanismos como curvas de nível, covas e trincheiras podem segurar a matéria orgânica impedindo esse carreamento.



Figura 22 – (a) Restos de poda e capina dispostos em via pública (b) Limpeza de canaleta de drenagem urbana formando composto de aparente boa qualidade.

Para a biomassa em excesso que não for utilizada como serrapilheira pode-se destiná-la a Unidades Descentralizadas de Compostagem (UDC), como realizado pelo Grupo de Estudos e Intervenções Socioambientais –

GEISA com os resíduos orgânicos do Restaurante Universitário da área 2 da USP, como aponta Oliveira (2013), ou como era feito na cidade de São Carlos antes da mudança de gestão municipal, com a destinação desses resíduos à Horta Municipal de São Carlos para utilização em pátio de compostagem (Figura 23).



Figura 23 – Recebimento de resíduos orgânicos de restaurantes e restos de poda e capina para realização de compostagem na Horta Municipal de São Carlos (fevereiro 2013)

No trato da compostagem na própria residência anotou-se a frequência com que se esvaziava o “lixo orgânico” de 6 litros que são destinados a compostagem em 1 mês (de 22/04 a 22/05):

Tabela 7 – Frequência de destinação dos resíduos orgânicos à compostagem durante um mês.

Frequência de destinação dos resíduos orgânicos à compostagem		
22/04	02/05	14/05
24/04	04/05	19/05
30/04	09/05	22/05

Percebe-se que a frequência é bastante variável pois ela depende da quantidade de refeições que são preparadas na residência, visto que muitos moradores almoçam e jantam no Restaurante Universitário de segunda a sexta-feira.

Extrapolando essa quantidade mensal de 54 litros de resíduos orgânicos teríamos cerca de 648 litros de resíduos que deixaram de ser destinados à coleta de resíduos do município apenas nessa residência, por 1 ano. Acredita-se que através de educação ambiental e divulgação da prática da compostagem, junto com a formação de UDCs, o Brasil conseguirá adequar-se à PNRS, diminuir a pressão sobre os aterros sanitários e produzir grande quantidade de alimentos orgânicos.

A prática da agricultura urbana vem sendo fomentada como forma de aumentar a sustentabilidade das cidades, provendo abastecimento principalmente de produtos hortifrutícolas, sendo que esta pode servir de destino para o composto orgânico formado pelas UDCs. Além disso, existe a possibilidade de geração de renda, o aumento da biodiversidade urbana e o fomento à educação ambiental.



Figura 24 –Preparação dos Canteiros para plantio de Horta Agroecológica em estágio no exterior. Associazione Biodiversity, Bologna – Itália, 2014.



Figura 25 –Horta Agroecológica com crescimento das plantas. Associazione Biodiversity, Bologna – Itália, 2014.

6.2.1. Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos

A geração de resíduos sólidos na residência é grande sendo que a quantidade de resíduos recicláveis constitui uma quantidade maior do que a média brasileira, por se tratar de estudantes que utilizam muito papel e se alimentam com muitos produtos industrializados. A produção de resíduos orgânicos não é tão grande quanto a média nacional já que muitos moradores almoçam de segunda a sexta-feira no Restaurante Universitário.

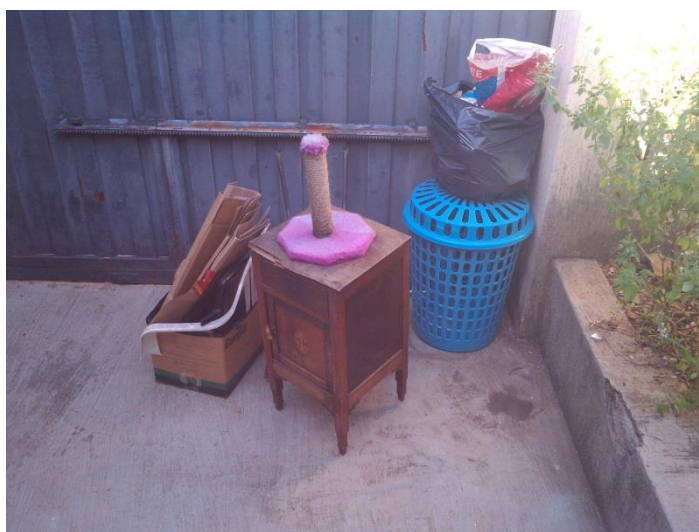


Figura 26 – Residências universitárias tendem a gerar mais recicláveis e menos orgânicos que a média nacional.

Uma prática que vem sendo incentivada pelos moradores é trazer madeiras que se encontram em caçambas de entulhos ou cestas de lixo que ainda podem ser reutilizadas. Ter um quintal em casa permite essa prática, como observa-se abaixo:



Figura 27–Acúmulo de Resíduos Sólidos para reutilização.

Com tábuas, estrados, caixas de feira, pallets, bobinas dentre outros pode-se fazer uma quantidade grande de materiais, como bancos, mesas, palcos, estruturas, pergolados, dentre outras coisas.



Figura 28 – Utilização de pallets e bobinas para prática de agricultura urbana fora do solo.
Associazione Biodiversity, Bolonha-Itália, 2014.



Figura 29 – Mesas, bancos e pergolados feitos com estrados, caixas de feira e madeiras encontradas em caçambas de lixo.

Mas não apenas madeiras são encontradas nas ruas para serem jogadas fora. Pneus e outros derivados de petróleo, apesar da necessidade de logística reversa, e outros materiais ainda em bom estado podem ser reutilizados.



Figura 30 – Reutilização de pneus, garrafas PET e potes de plástico como vasos para plantas e espumas e caixas de ovo (encontrados na rua) para isolamento acústico do atelier de arte.

6.3. Análise de Fluxos de três residências

Como exercício de análise emergética de residências analisou-se três residências de São Carlos - SP. A primeira é uma residência convencional sem quintal que não realiza compostagem e não entrega seus resíduos recicláveis a um EcoPonto, visto que a coleta seletiva porta-a-porta não estava funcionando até a conclusão do referido trabalho.

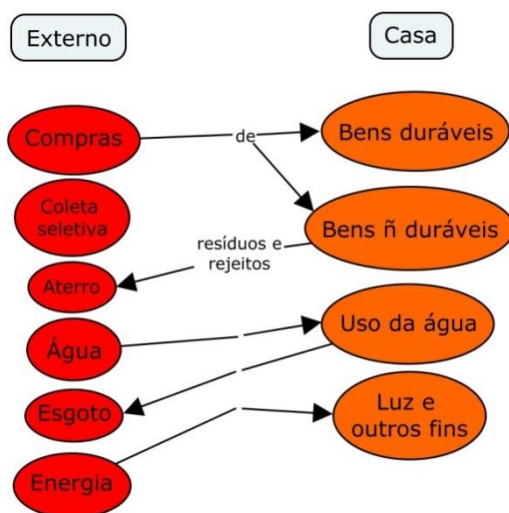


Figura 31—Fluxograma de entradas e saídas de habitação convencional sem quintal.

A segunda residência é a que está sendo estudada em seu estado atual, com realização de agricultura, compostagem, reutilização de resíduos sólidos urbanos e atividades de convivência como fogueiras e confraternizações.

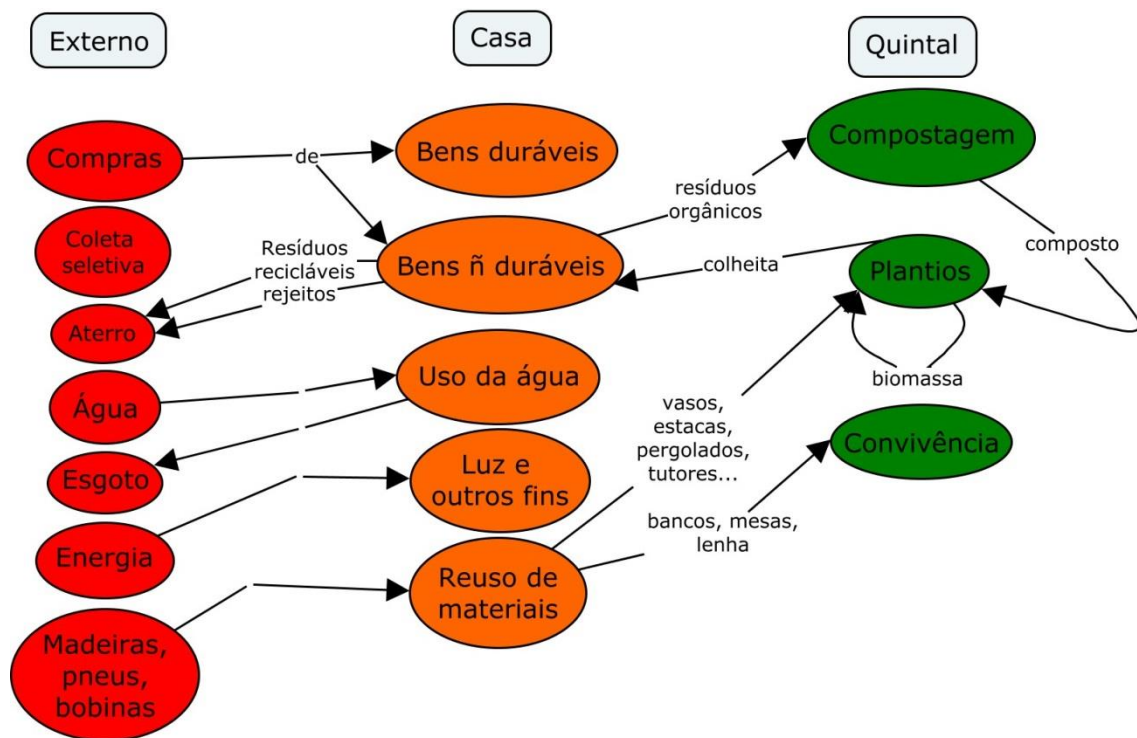


Figura 32–Fluxograma de entradas e saídas da habitação em estudo.

A terceira residência é uma projeção da segunda com o passar do tempo e a efetivação dos projetos de tecnologias permaculturais de redução de impactos, como o banheiro seco e ducha ecológica, que produziriam composto para árvores e água para irrigação, respectivamente.

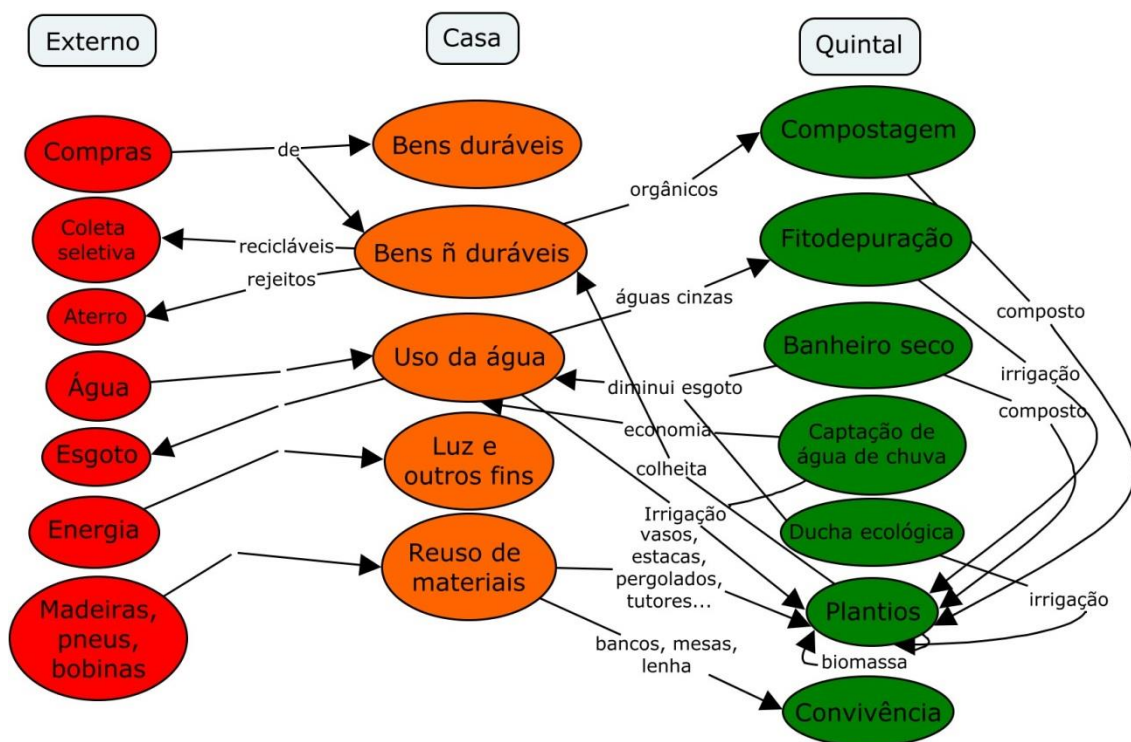


Figura 33 - Fluxograma de Quintal com diversas tecnologias de redução de impacto.

Percebe-se que boa parte daquilo que é considerado “resíduo” ou “efluente” das atividades podem ser dispostos ao solo (atentando-se à necessidade de pré-tratamento). Isso endossa o importante papel do solo como substância heterogênea com alto poder-tampão, digestor de matéria orgânica e reservatório de carbono, dentre outros.

7. CONCLUSÃO

Após o extenso levantamento bibliográfico muitas percepções foram aguçadas com relação ao estudo da questão ambiental de forma holística. Percebe-se que o desenrolar da questão ambiental culmina em diversas áreas do conhecimento que estão na chamada “fronteira da ciência”. Esse fato deve ser um incentivo para a produção de mais pesquisa referente a essa temática.

Uma compreensão completa do meio ambiente deve incorporar os avanços da Física Quântica e da Termodinâmica da Vida. A 2ª lei da termodinâmica não pode ser ensinada como infalível, pois isso acarreta em uma compreensão incompleta da realidade. O funcionamento dos sistemas vivos é fortemente influenciado por eventos quânticos, desde a largura e a força das ligações de hidrogênio, passando pela ação do DNA, até a dobra de proteínas (DI CORPO, 2014).

A vida desafia a entropia, seja pelas estruturas dissipativas, seja pela retrocausalidade. Ela se torna mais complexa com o passar do tempo, organizando-se a partir da nutrição fornecida pelo elo entre o chamado abiótico e o biótico. Infelizmente não se dá a importância devida aos organismos autótrofos, principalmente por não compreender a dinâmica da vida na Terra em sua complexidade.

Se a compreensão de que a vida contraria a entropia não é revolucionária o suficiente, o que se diz do papel dos autótrofos, que além de organizarem a si mesmos agiram de um altruísmo tamanho que alteraram a composição da atmosfera para possibilitar a chegada do ser humano, armazenando o estoque de carbono no solo, gerando solos ricos e férteis para garantir nossa sobrevivência?

E quanto a poluição ambiental, o que justifica degenerar a qualidade ambiental em favor do aumento da qualidade de vida e dos padrões de consumo da geração atual? Não seria uma alienação às tecnologias e demandas atuais que nos fazem inserir altas cargas de nutrientes na

hidrosfera, elemento tão fundamental à vida, e que deve ser mantido em sua pureza?

Hoje vivemos uma crise complexa. O desenvolvimento nos levou a um crescimento entrópico e colocamos a singularidade da vida a serviço do egoísmo hegemônico do capitalismo. A postura do acúmulo e da opulência se baseia em teorias econômicas dos séculos XVIII e XIX que, por sua vez, se baseiam na escassez dos recursos e na demanda de controle populacional.

Mas a ciência da vida tem demonstrado cada vez mais que a lei da natureza não é a “lei da selva”, na qual impera a competição por recursos escassos, mas sim a lógica da preparação de um mundo melhor para seus descendentes, com a produção em abundância, permitida provavelmente por uma simbiose que possibilitou a tradução da energia mais abundante na face da Terra, a luz do sol.

A nível pedagógico é necessário que o educador ambiental conheça diferentes métodos de ensino, como mapas conceituais, cognitivos e fluxogramas que possibilitem uma compreensão mais completa da problemática ambiental. O cartesianismo deve ser superado mas não esquecido. No ensino de ciências deve-se destacar aquilo que é lei e aquilo que é evento, e que a ciência além de estar em contínua construção ela é sempre passível de crítica.

A questão dos resíduos sólidos deve ser vista como uma potencialidade de reaproveitamento de nutrientes e de abertura de novos postos de trabalho com valorização dos sujeitos que com isso trabalham, e não como um problema sempre crescente cuja solução seja enterrá-lo debaixo da terra.

Os resíduos orgânicos e excreções humanas e animais são antes de tudo nutrientes que durante boa parte da história retornaram à agricultura. Romper com esse ciclo é um grande sinal de ignorância. Adequações com relação à descentralização do tratamento destes resíduos devem ser pensadas de forma a alcançar uma boa eficiência energética.

A agricultura deve voltar a fazer parte da rotina de boa parte da população, nem que seja em pequena escala, pois ela é uma cultura milenar

que acompanha nossa sociedade e sem ela não sobreviveríamos. Todo pedaço de terra é uma potencial horta e todo gramado é uma potencial agrofloresta.

A educação ambiental é fundamental para mudar preconceitos com relação aos resíduos orgânicos e a agricultura. Agricultura é a atividade mais fundamental à nossa sociedade e as plantas são seres fundamentais para a nossa vida. Por acaso o homem moderno entende que os cursos d'água e as florestas são inseparáveis?

Se o homem moderno compreendesse que as florestas são responsáveis pela comida que comemos, pelo medicamento que tomamos, pelo ar que respiramos e pela água que bebemos não teríamos o desmatamento e a degradação ambiental que hoje é praticado.

Quando a sociedade compreender a profundidade das relações da natureza talvez ela verá que sua forma de vida deve se alterar, gerando um verdadeiro “despertar ecológico” possibilitando então a efetivação do que Leonardo Boff chama de cuidado integrador, pois tudo que existe se relaciona.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J. G. **Desenvolvimento e validação de um questionário para avaliar o nível de conhecimento dos alunos sobre mapas conceituais**. 2012. Dissertação (mestrado) apresentado ao IF, IQ, IB e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- ALBARRÁN-ZAVALA, E; ANGULO-BROWN, F.A **A simple thermodynamic analysis of photosynthesis**.Entropy, 9, 152-168. 2007. Disponível em: www.mpdi.org/entropy
- ALMEIDA, R. O. **Noção de fotossíntese**: Obstáculos epistemológicos na construção do conceito científico atual e implicações para a educação em ciência. Camdombá, Revista Virtual v.1, n1, p. 16 -32, jan – jun 2005
- ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012.
- ANDRADE, L. M. S.; BLUMENSCHNEIN, R. N. **A nova ecologia da cidade**: uma conexão importante para a ciência do desenho urbano. In: III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo. UFPA – Belém, PA. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, SP. 2013
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química** : questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1026 p., 2012
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental e empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2004.
- BERTALANFFY, L. Von. **Teoria General de los Sistemas**.10ª ed. México: FCE, 1995.
- BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 30 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>
- BRILLOUIN, L. **Science and Information Theory**, Academic Press, New York, NY, 1956.
- BROWN, M.T. **Environmental Accounting**: Energy Perspectives on Sustainability. Valoración económica en el uso de los recursos naturales y el medio ambiente. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico del Cono Sur. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Montevideo, Uruguay, pp. 47- 70. 1998.
- CARNEIRO, L. C. **Apostila de Treinamento teórico e prático de agroecologia para produtores rurais**. AgroZaga, Agroecológica Natural, Secretaria Municipal de Agricultura SEMAG, Prefeitura Municipal de Itajubá, MG, 2005.

CARVALHO, R. F. **Entrelaçamentos entre Bergson e Prigogine: tempo, ciência e natureza.** Rev. Hisc. UEG, v. 1, n1, p103 – 118, Goiânia – GO. Jan./jun, 2012.

CORTEZ, ATC., and ORTIGOZA, SAG., (orgs). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 146 p.978-85-7983-007-5. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** 8ªed. São Paulo: Cultrix, 2003.

CHRISTOFIDIS, D. **Olhares sobre a Política de Recursos Hídricos do Brasil.** O caso da bacia do rio São Francisco. Brasília: Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2001.

CNUMAD. **Agenda 21:** Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente (trad.), 1997. 382p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>

DAJOZ, R. **Ecologia Geral.** Tradução de F. M. Guimarães. Editora Vozes Ltda., Petrópolis e EDUSP, São Paulo, p.335 – 383, 1972.

DI CORPO, U.And VANNINI, A. **Syntropy and sustainability.**2014 Disponível em: <http://journals.issn.org/index.php/proceedings58th/article/viewFile/2176/747> acessado em 12/05/2015.

DI CORPO, U. **Life Energy, syntropy, complementarity and resonance.** Syntropy, p.4 – p.38. 2013. Disponível em: www.ulissedicorpo.it

DIA MUNDIAL DO SOLO. Assembléia Geral da ONU, 5 de dezembro de 2013. Disponível em: <www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=49520#.VTd2WiFViko> Acesso em: 22/04/2015.

Dias, G. F. **Fundamentos de Educação Ambiental.** Brasília, DF: Universa, 2000.

EDDINGTON, A.**New Pathways in Science.**Cambridge Univ. Press 1935.

EIGENHEER, E. M. **Lixo: A limpeza urbana através dos tempos.** Porto Alegre, RS: Ed. Elsevier , 2009. 144 p.

EMBRAPA. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável.** Editores técnicos, Adriana Maria de Aquino, Renato Linhares de Assis. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 517 p.

ETHOS, Instituto. Cidades sustentáveis, programas em andamento. Sem Data. Disponível em: <http://www3.ethos.org.br/conteudo/projetos/em-andamento/empresas-e-cidades-sustentaveis/#.VTmXOiFViko> Visualizado em: 20/04/2015

FANTAPPIÈ, L. **Sull'interpretazione dei potenziali anticipati della meccanica ondulatoria e su un principio di finalità che ne discende,** Rend. Acc. D'Italia, 1942.

FERGUSON, R. S.; LOVELL, S. T. **Permaculture for agroecology: design, movement, practice, and worldview.** A review. INRA and Springer-Verlag France, 2013.

FERNANDES, F. **Capitalismo dependente e classes sociais na América Latina.** Rio de Janeiro: Zahar, 1973.

FERNANDES, V. C. **Estudos de impacto ambiental: um instrumento de gestão ambiental aplicado em diagnósticos arqueológicos.** Monografia de curso de Gestão Ambiental. No Prelo. Faculdades Bagozzi: Curitiba, 2006.

FEYNMAN R.P., et al.**The Feynman Lectures on Physics,** Addison Wesley. 4-1, 2006.

FRÉSCA, F. R. C. **Estudo da Geração dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de São Carlos, SP, a partir da Caracterização Física.** 2007. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007.

GLIESSMAN, S., R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Tradução Maria José Guazzelli, 2ª ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade/ UFRGS, 2001.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22p.

HAUSMANN, G. **Culture technique from the standpoint of conservation and incrementation of organic matter in the soil, in the light of modern research**. Scient. Varia, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Brasil, 2011. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - IPT / COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. Publicação IPT 2622, São Paulo, SP, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Objetivos de desenvolvimento do milênio**: relatório nacional de acompanhamento. Brasília: Ipea, 2004.

JACINTHO, C. R. dos S. A **Agroecologia, a Permacultura e o Paradigma Ecológico na Extensão Rural**: Uma Experiência no Assentamento Colônia I . 2007. Dissertação (mestrado) – UnB – CDS, Padre Bernardo, Goiás. 139p.

JAMES, C. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops**: 2012. ISAAA Brief No. 44. ISAAA: Ithaca, NY. 2012. Disponível em: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/executivesummary/pdf/Brief%2044%20-%20Executive%20Summary%20-%20English.pdf>

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Ed. Perspectiva, The University of Chicago, 1962.

LEFF, E. **Saber ambiental - Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Ed. Vozes, PNUMA, Petrópolis, RJ, 2001.

LET'S TALK ABOUT SOIL. Video produced by Uli Henrik Streckenbach for the 1st Global Soil Week. Disponível em: < <https://vimeo.com/111736931>>. Visualizado em 21/04/2015.

LIMA, A. M. N., Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vicoça, MG 2008.

LOVELOCK, J. **As Eras de Gaia**. São Paulo: Ed. Campus, 1991, 236p.

LUCCHESI, A. A. - Utilização prática da análise de crescimento vegetal. In: **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Botânica, 1984.

MANAHAN, S. E. **Environmental Science and Technology**. Boca Raton: CRC-PRESS, 1997.

MARTINS, R. de A. A Física no final do século XIX: modelos em crise. Comciência/ SBPC/ Labjor, 2001. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica05.htm> Acesso em: 30/05/2015

MEDCAUF, G; CHAYEN S.; ROBERTS, E. R.; WILSON T. G. G. Nitrogen fixation by soil yeasts, **Nature**, 1954.

METCALF & EDDY. Inc. **Wastewater engennering**: treatment and reuse. McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

MIZIARA, R. Por uma história do lixo. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**. 2006. Disponível em: <http://www.interfacehs.sp.senac.br/BR/artigos.asp?ed=6&cod_artigo=109>

MOLLISON, B. **Introdução à permacultura**. Tyalgum, Austrália: Tagari Publications, 1991.

MOLLOY, L.F.; SPEIR, T.W. Studies on a climosequence of soil in tussock grasslands. 12. Constituents of the soil light fraction. **New Zealand J. Soil Sci.** Wellington, v. 20, p. 167-177, 1977.

MONTE, A. L. Z. **Sintropia em agroecossistemas: subsídios para uma análise bioeconômica**. Dissertação (mestrado). CDS – UNB, 2013. 121 p.

NODARI, R. O. Ciência precaucionária como alternativa ao reducionismo científico aplicado a biologia molecular. In: ZANONI, M.; FERMENT, G. (orgs) **Transgênicos para quem?** Agricultura, ciência, sociedade. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2011.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

ODUM, H.T. Energetics of food production. In: **The World Food Problem**, Report of the President's Science Advisory Committee, Panel on World Food Supply, v. 3. The Whitehouse. 1967.

OLIVEIRA, R. A. V. de. **Análise do processo de implantação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem no Campus II da USP São Carlos**. 2013. Monografia – USP – São Carlos, São Carlos, São Paulo. 78p. 2013.

O'MEARA, M. **Explorando uma Nova Visão para as Cidades**. Estado do Mundo, 138-157. 1999.

ONU. United Nations. **World Population in 2003**. United Nations, New York. 2004.

ORTEGA, E. **Introdução aos diagramas de fluxo de energia em ecossistemas, conceitos básicos de eficiência sistêmica e fórmulas de cálculo emergético**. LEIA/DEA/FEA/Unicamp, 2002. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/plan-disc/TA530-1a.htm>>. Acesso em 15/05/2015

PEIXOTO, R. T. Dos G. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. Dos G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (org.). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Iapar, 1997. P. 186-205.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, SP, 1999.

PEREIRA, L. G. **Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: O Brasil como estudo de caso**. Dissertação. Unicamp São Paulo, 2008. 183 p.

PIMENTEL, D. **Food production and energy crisis**. Science, Washington, v.182, p.443-449, 1973.

PITTON, S. E. C. Prejuízos ambientais do consumo sob a perspectiva geográfica In: CORTEZ, A.T.C.; ORTIGOZA, S.A.G. (org). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. **Notícia veiculada no site da Prefeitura Municipal de São Carlos**. Matéria do dia 26 de junho de 2013. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/noticias-2013/163723-prefeito-inaugura-novo-aterro-sanitario-de-sao-carlos.html>>. Acesso em: 07/05/2015.

PRIGOGINE, I. **As leis do caos**. Ed. UNESP. São Paulo, 2002. 109p.

PRIGOGINE, I. **Introduction to Thermodynamics of Irreversible Process**. 3thed. New York, London, Sydney: Interscience Publishers, 1955.147p.

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Paulista, 1996.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1979

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - PROSAB. **Tratamento e utilização de esgoto sanitário**. ABES. Coordenadores: Lourdinha Florêncio, Rafael K. X. Bastos e Miguel A. Aisse. ABES, 2006.403 p.

REIJNTJES, C.; HAVERKORT B.; WATERS-BAYER, A. **Farming for the future**. Londres: MacMillan Press Ltd., 1992.

RELATÓRIO DO DESENVOLVIMENTO HUMANO. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Nova York, New York. 2006. Disponível em: http://www.pnud.org.br/HDR/arquivos/RDHglobais/hdr2006_portuguese_summary.pdf

RIBEIRO, W.; LOBATO, W.; OLIVEIRA, L. M. L. P. R. de; LIBERATO, R. de C. A concepção de natureza na civilização ocidental e a crise ambiental. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)** v. 14, n. 1, p. 7-16. Sobral, CE, 2012. Disponível em: <www.uvanet.br/rcgs>.

ROLNIK, R.; KLINK, J. **Crescimento econômico e desenvolvimento urbano**: Por que nossas cidades continuam tão precárias? Novos Estudos 89, CEBRAP. Março de 2011. p. 89-109

SAGAN, C. **Cosmos**. Série Televisiva. 13 ep. Produzido por Gregory Andorfer e Geoffrey Haines-Stiles. USA/UK, Cosmos Studios, 1980. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=j2Jz5stUQL0>>

SANTOS, Milton. **A urbanização Brasileira**, São Paulo: Hucitec, 1993.

SAVORY, A; BUTTERFIELD, J. **Holistic Management**: A New Framework for Decision Making. Washington, D.C.: Island Press, 1988.

SCHRÖDINGER, E. **What is life?** The physical Aspect of the Living Cell. Based on lectures delivered under the auspices of the Dublin Institute for Advanced Studies, Trinity College, Dublin. 1944. Disponível em : <http://whatislife.stanford.edu/LoCo_files/What-is-Life.pdf>

SECRETARIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS. Notícia veiculada no site da Secretaria de Relações Institucionais da Presidência da República . Matéria do dia 18 de dezembro de 2014. Disponível em : <<http://www.relacoesinstitucionais.gov.br/portal-federativo/destaques/congresso-mantem-veto-e-municipios-tem-prazo-para-acabar-com-lixoes>> Acesso em 07/05/2015.

SEIS PRODUTOS são responsáveis por metade das exportações brasileiras. ESTADÃO, 11 de março de 2012. Acesso em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,seis-produtos-sao-responsaveis-por-metade-das-exportacoes-brasileiras,105640e>> visitado em 23/04/2015

SILVA, V. B da; CRISPIM, J. de Q. Um breve relato sobre a questão ambiental. **Rev. GEOMAE – Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v.2, n.1, p.163 - 175. Campo Mourão, PR. 2011.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA A DEFESA AGRÍCOLA, antigo SINDAG, atual SINDVEG. **Mercado Brasileiro de Fitossanitários**. Apresentado no Workshop Avaliação da Exposição de Misturadores, Abastecedores e Aplicadores a Agrotóxicos. Brasília 28/04/2009.

SOUTO, G. D. de B.; POVINELLI, J. Resíduos Sólidos. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia ambiental**: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SPAROVEK, G. **A qualidade dos assentamentos de reforma agrária brasileira**. USP/MDA/FAO, São Paulo – SP: Ed. Páginas e Letras, 2003.

SWIFT, R. S. **Sequestration of carbon by soil**. Soil Sci, 2001.

TANIMOTO, A. H. **A economia medida pela análise de fluxo de massa (AFM)**: A desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil. Tese (doutorado) Centro de Desenvolvimento Sustentável. UnB, Brasília, DF. 2010. 154 p.

VASCONCELLOS, G. F.; VIDAL, J. W. B. **Poder dos trópicos**. Meditação sobre a alienação energética da cultura brasileira. São Paulo, SP: Editora Casa Amarela. 2001. 303 p.

VITOUSEK, P.M.; EHRLICH, P.R.; EHRLICH, A.H.; WATSON, P.A. **Human Appropriation of the Products of Photosynthesis**. Bioscience, 1986.

WAYNE, C. E. and WAYNE, R. P. **Photochemistry**. Oxford Chemistry Primers, New York, USA. 1996, reprinted in 2005.

WASSERMAN, J. C. e ALVES, A. R. O holismo aplicado ao conhecimento ambiental. **ENGEVISTA**, v. 6, n. 3, p – 113 – 120, 2004.

WEID, J. M. A transição agroecológica das políticas de crédito voltadas para a agricultura familiar. In **Agriculturas**: experiências em agroecologia. Vol 3 – nº1, p.18-20, Rio de Janeiro – abril de 2006.

WHITAKER V. A.; SOUSA, M. F. de; WHITAKER D. C. A. Teoria dos sistemas, cultura e espaços rurais de reforma agrária. Retratos de assentamentos. **Revista do Núcleo de Pesquisa e Documentação Rural (NUPEDOR)**, UNIARA Araraquara, São Paulo, v.16, n.2, 2013.

WORLD SOIL DAY INFOGRAFIC, 2014. Disponível em: www.fao.org/globalsoilpartnership/world-soil-day Acesso em: 22/04/2015

ANEXO I

RELATORIO SOBRE CIMICA INDUSTRIAL, AGRICULTURA E SILVICULTURA APRESENTADO A S. EX. O SR. MINISTRO DO IMPERIO PELO PROFESSOR C. E. GUIGNET. 1877.

A guerra é impossivel sem dinheiro: a lavoura não póde prosperar sem estrume.

Mas a importancia maior dos estrumes ainda não é compreendida aqui. Apenas alguns fazendeiros mais adiantados estão preparando estrumes com toda especie de materiais animaes e vegetaes, residuos da preparação do café, cascas de feijões, etc.

Há nos paizes mais adiantados da Europa excellentes meios para obter grandes quantidades de estrumes da primeira qualidade. As camas de palha (litières) dos animaes e toda a especie de destroços vegetaes são espalhados sobre uma eira de terra bem batida. Todos os restos de cozinha, ossos, sangue, os animaes mortos, etc. são ahi lançados, entre as camadas de palha. Acima do montão assim formado, estabelecem-se algumas cabanas sustentadas sobre estacas, para servir de latrinas: de sorte que as dejeções humanas vão misturar-se sempre com o estrume. Quando não chove, a massa deve ser molhada de vez em quando, para fazer apodrecer bem todas as materias.

Procedendo assim, realizam-se duas vantagens: a primeira, é supprimir todas as immundicias que os escravos ou operarios semeiam por toda a parte, obrigando-os a usar as latrinas; a segunda é aproveitar todo o estrume humano, cujo valor é muito apreciado nos paizes mais adiantados em agricultura, desde Flandres até a China. Os lavradores flamengos avaliam o estrume produzido anualmente por um homem em quarenta francos (16\$000); de sorte que uma fazenda de cem escravos perde annualmente 1:600\$000 não aproveitando as dejeções humanas.

A mistura de materiais vegetais é necessaria para produzir bons estrumes. Não faltam aqui matérias convenientes: e, sobretudo, a palha do milho que os lavradores deixam nos campos.

Na escola agricola de Juiz de Fóra foi muito bem installada uma grande cova de produção de estrumes, com as latrinas acima della. Foi a melhor cousa que lá vi. O exemplo deve ser imitado pelos fazendeiros, o que se póde fazer com pequena despeza.

Não fallo em estrumes mineraes ou chimicos. Estes não convêm, senão para supprirem a insufficiencias dos estrumes. Antes de occupar-se com isto, convem fazer estrumes de todas as materias que ficam inutilisadas em todo o paiz, em enormes quantidwades.

Na propria corte, todas as immundicias da cidade poderão ser muito bem utilizadas para fertilisar a planicie de Inhaúma. Este terreno, de arenoso que é, transformar-se-hia em uma verdadeira horta igual á planicie de S. Diniz perto de Paris; e mesmo, muito melhor, a area de S. Diniz estando inteiramente esteril e precisando de estrumes para produzir qualquer cousa.

(EIGENHEER, 2009, p.58, ortografia da época).

ANEXO II



Figura 34 – Canteiro Circular com rúcula no ponto de colheita, salsinha, cenoura, alface e abóbora. Apenas um raleamento e poucas regas feitas (foto tirada no dia 29 de junho de 2015).