



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Matheus Fernando Mohr

O conceito de falha metabólica em articulação com a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade: contribuições ao ensino de ciências

FLORIANÓPOLIS

2019

Matheus Fernando Mohr

O conceito de falha metabólica em articulação com a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade: contribuições ao ensino de ciências

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor em Educação Científica e Tecnológica.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mohr, Matheus Fernando

O conceito de falha metabólica em articulação com a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade : contribuições ao ensino de ciências / Matheus Fernando Mohr ; orientador, Carlos Alberto Marques, 2019.
106 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Agroecologia. 3. Ensino de Ciências. 4. Falha Metabólica. 5. Sustentabilidade. I. Marques, Carlos Alberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

Matheus Fernando Mohr

O conceito de falha metabólica em articulação com a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade: contribuições ao ensino de ciências

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Professor Doutor José André Peres Angotti
Universidade Federal de Santa Catarina

Professora Doutora Valeska Nahas Guimarães
Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Doutor Alfredo Castamann
Universidade Federal da Fronteira Sul

Professor Doutor Humberto José da Rocha
Universidade Federal da Fronteira Sul

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em Educação Científica e Tecnológica.

Professora Doutora Cláudia Regina Flores
Coordenadora do Programa

Professor Doutor Carlos Alberto Marques
Orientador

Florianópolis, 30 de julho de 2019.

Para Naira, Ana Lúcia, Ana Flávia e Estela que chegou nesses dias, renovando as alegrias.

AGRADECIMENTOS

Ao amor de minha vida, Naira, pelo carinho, companheirismo e por todas as trocas que vivenciamos nessas três décadas tão intensas, tão cheias de sentido! Obrigado pelo amparo e porto seguro, principalmente durante meus momentos de fraqueza nas encruzilhadas desta vida.

Para Ana Lúcia e Ana Flávia, tesouros em forma de gente! Filhas tão queridas que me motivam e me ensinam a sempre seguir adiante.

Para Estela, primeira neta, que chegou uma semana antes da defesa! Veio colorindo a vida, enchendo a todos de muito mais alegrias.

Aos meus pais, Lauro e Lourdes, muita gratidão pela minha vida e, principalmente, por sempre acreditarem nos meus sonhos! Aos meus irmãos, Fernanda e Fabrício, aos quais muito admiro!

Para minha sogra Erica e aos cunhados Arthur e Verônica, pelo amparo em suas casas nos vários momentos que necessitei, fico muito agradecido!

Ao meu orientador Professor Dr. Carlos Alberto Marques, um ser humano magnífico, a quem pude conhecer mais durante este processo. Agradeço principalmente pelo diálogo constante, pelas perguntas (muitas das quais eu não sabia as respostas) que me fizeram avançar em torno das possibilidades, como também pela autonomia a mim disponibilizada durante a realização deste trabalho!

Aos professores membros da banca, Dr. José André Peres Angotti (UFSC), Dra. Valeska Nahas Guimarães (UFSC), Dr. Alfredo Castamann (UFFS) e Dr. Humberto José da Rocha (UFFS), agradeço pelas importantes contribuições disponibilizadas, desde a qualificação até a defesa deste trabalho.

Para Iône Inês Pinson Slongo, coordenadora local do Doutorado Interinstitucional (DINTER UFSC/UFFS). Em seu nome estendo meus agradecimentos à equipe da Divisão de Stricto sensu da Diretoria de Pós-Graduação da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFFS, pela dedicação, trocas e prosas efetuadas em muitos dos momentos que vivenciamos e/ou que necessitei de encaminhamentos.

Aos colegas do doutorado, pelo convívio e as vivências que materializamos! Aprendi muito com todos e todas!

Ao Grupo de Investigação no Ensino de Química – GIEQ/UFSC, pelos momentos de trocas e aprendizados que presenciei durante meu afastamento docente pelo período de um ano.

À UFFS, pela concessão de afastamento. Aos colegas do Curso Interdisciplinar em Educação do Campo – Ciências da Natureza, pelas discussões em torno das possibilidades desta pesquisa.

A todos e todas que ousam construir cotidianamente diferentes possibilidades em torno do ensino e prática da agroecologia, bem como o aperfeiçoamento da relação entre ser humano e natureza.

Finalmente, agradeço a CAPES pela bolsa disponibilizada.

SOL DIVINAL

Rompendo além dos montes
No leste do astral
Desponta no horizonte
O Sol Divinal
Banhando a natureza
De luz, paz e beleza
Sublime poesia celestial

Rompendo além dos montes
No leste do astral
Desponta no horizonte
O Sol Divinal
E toda a natureza
É um canto de beleza
Sublime sinfonia celestial

Rompendo além dos montes
No leste do astral
Desponta no horizonte
O Sol Divinal
Trazendo um novo dia
De luz, paz e alegria
Curando as nossas dores
E banindo o mal

(José Souza Melo – Irmandade Céu de São Francisco)

RESUMO

O presente trabalho refere-se aos estudos investigativos de natureza teórica, com análise bibliográfica e documental, envolvendo possíveis articulações entre o Ensino de Ciências (da Natureza e Agrárias) e a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade, a partir de um conceito que propomos como estruturante denominado “Falha Metabólica” (FM). Esse conceito foi originalmente desenvolvido por Karl Marx quando da análise sobre a privatização e a exploração da terra (um bem comum), cuja apropriação de seus nutrientes e dos organismos vegetais para fins de troca, produz, intensifica e acelera a inexorável irreversibilidade de reposição destes. Produz e intensifica de modo irreversível, portanto, tanto a FM quanto a possibilidade do alcance da sustentabilidade (ambiental). Para tanto, discorreremos sobre a origem, composição, formação, manejo e uso dos solos como elementos fundamentais em busca de restabelecer maior unidade entre ser humano e natureza, além de auxiliar para uma melhor compreensão sobre as contradições advindas de uma produção agrícola dependente de insumos artificiais. Buscamos argumentar que a ciência agroecológica pode contribuir na compreensão (e minimização) do conjunto de efeitos deletérios que ocasionam a exacerbação da FM e as perturbações em torno da relação ser humano e natureza, principalmente quando as práticas e estudos agroecológicos estabelecem diálogos com postulados e conceitos fundamentais concernentes às ciências da natureza. Argumentamos favoravelmente que tal perspectiva pode, ainda, retroalimentar os processos formativos em agroecologia, a partir das mediações constituídas em torno de uma proposta interdisciplinar e da sustentabilidade. Por fim, procuramos sustentar que o conceito de FM mobiliza, realça, problematiza e articula um conjunto de temas e conceitos das áreas das Ciências da Natureza (CN) e agroecologia, que, auxiliados pelos “Conceitos Unificadores”, tencionam por uma reestruturação do pensamento em torno da sustentabilidade comprometido com o ensino e a formação em agroecologia.

Palavras-chave: Agroecologia. Ensino de Ciências. Falha Metabólica. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The present work refers to investigative studies of a theoretical nature, with bibliographical and documentary analysis, involving possible articulations between the Teaching of Sciences (of Nature (SN) and Agrarian) and the agroecological and sustainability perspective, from a concept proposed by us as structurally called “Metabolic Failure” (MF). Karl Marx, originally developed this concept when analyzing the privatization and exploitation of land (a common good) whose appropriation of its nutrients and plant organisms for exchange purposes produces, intensifies and accelerates the inexorable irreversibility of replacement of these. It produces and intensifies irreversibly, therefore, both MF and the possibility of achieving sustainability (environmental). To this end, we discourse the origin, formation, composition, management and use of soils as fundamental elements in search of restoring greater unity between human beings and nature, besides helping to a better understanding of the contradictions arising from agricultural production dependent on artificial inputs. We seek to argue that agroecological science can contribute to the understanding (and minimization) of the set of deleterious effects that cause exacerbation of MF and the disturbances around the relationship between human beings and nature, especially when agroecological practices and studies establish dialogues with postulates and concepts concerning the sciences of nature. We argue favorably that this perspective can also feedback the formative processes in agroecology, based on the mediations built around an interdisciplinary proposal and sustainability. Finally, we seek to maintain that the concept of MF mobilizes, highlights, problematizes and articulates a set of themes and concepts of the areas of Sciences Nature (SN) and agroecology, which, aided by the “Unifying Concepts”, aim at a restructuring of thinking about sustainability committed to education and training in agroecology.

Keywords: Agroecology. Science Teaching. Metabolic Failure. Sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Alfabetização em Ciência e Tecnologia
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
C&T	Ciência e Tecnologia
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CN	Ciências da Natureza
CNA	Confederação Nacional da Agricultura
CNE	Conselho Nacional de Educação
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EA	Educação
EC	Ensino de Ciências
FM	Falha Metabólica
FTP	Formação Técnica e Profissional
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra
ONU	Organização das Nações Unidas
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PPGECT	Programa de Pós-Graduação em Educação, Ciência e Tecnologia
SC	Santa Catarina
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília
UNOESC	Universidade do Oeste Catarinense

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
INTRODUÇÃO	14
1 O CONCEITO DE FALHA METABÓLICA: RECIPROCIDADES E ANTAGONISMOS ENTRE SER HUMANO E NATUREZA	28
2 O ACELERAMENTO DA FALHA METABÓLICA NO CAPITALISMO: A QUESTÃO DA (IN) SUSTENTABILIDADE E DA AGROECOLOGIA	37
2.1 A LÓGICA CAPITALISTA NA RELAÇÃO SER HUMANO E NATUREZA: A AGRICULTURA NO BRASIL	38
2.2 A QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE.....	46
2.3 A PROPOSTA TEÓRICO-PRÁTICA DA AGROECOLOGIA E SEU PAPEL QUESTIONADOR FRENTE À EXPLORAÇÃO ILIMITADA DOS RECURSOS NATURAIS E SOCIAIS	54
3 O ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA: LIMITES E POSSIBILIDADES PARA A INSTITUIÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE PERSPECTIVA AMPLIADA.....	64
3.1 A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO E DIFUSÃO DO CONHECIMENTO.....	64
3.2 AS CIÊNCIAS DA NATUREZA NO ENSINO.....	67
4 A FUNÇÃO ESTRUTURANTE DO CONCEITO DE FALHA METABÓLICA NA ARTICULAÇÃO ENTRE O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, A PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE E A FORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
REFERÊNCIAS.....	102

APRESENTAÇÃO

Minhas ligações com as questões da terra tiveram origem na infância, com meus avós maternos. As memórias de brincadeiras ativas por entre as matas e a alimentação farta e diversa eram por demais prazerosas. No entanto, com a inserção no mercado formal de trabalho, atuando como auxiliar e vendedor em casas agropecuárias na década de 1990, logo após ter concluído o curso técnico em agropecuária, mostrou uma dura realidade que se apresentava em vários contextos e cuja base econômica está na agricultura.

Após um ano cursando a faculdade de administração de empresas percebi que não correspondia mais diretamente às minhas motivações e inquietações e optei por um curso no campo educacional, o que me levou ao ingresso na carreira do magistério. O curso, concluído no ano de 2001, de Licenciatura em Ciências Agrícolas oferecido pela UNOESC — *campus* Chapecó/SC, tinha como principal finalidade formar profissionais para atuar na educação básica e profissionalizante com as disciplinas das ciências agrárias. Foi a partir dessa vivência acadêmica e das experiências que dela surgiram que as minhas convicções nas escolhas profissionais e pessoais foram se sedimentando.

No ano de 1998 participei da 1ª Conferência Por Uma Educação Básica do Campo e conheci diversos grupos e movimentos sociais que apresentavam propostas diferenciadas de educação que se propunha discutir mais aprofundadamente as relações sociais e de produção agrícola. Em 1999 mudei-me com a família para atuar na Escola Agrícola Estadual 25 de Maio, uma escola pública, sendo o Estado de Santa Catarina o órgão mantenedor, localizada em áreas de assentamentos distantes 21 quilômetros do município de Fraiburgo – SC, sendo 12 quilômetros de estrada de chão batido. Fui professor em tal escola até o ano de 2010, período em que tive a oportunidade de experienciar os processos de organicidade de muitos movimentos sociais, em especial o do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST.

Nessa escola, no ano 2000, com o coletivo de educadores e membros da comunidade que compunham o Conselho Escolar, construiu-se a proposta de formação para crianças e jovens tendo como princípios fundamentais a organização coletiva e a agroecologia.

A partir das lutas políticas do MST a escola tomou maior amplitude. Após um longo período, foi implantado o Curso de Educação Profissional de Nível Médio Técnico em Agroecologia, no ano de 2004. Desempenhei a função de coordenador desse curso durante sete anos.

A dimensão política da participação neste movimento social teve papel fundamental

em meu processo formativo, sobretudo nas atividades de mobilização junto aos Congressos Nacionais do MST, Fóruns Sociais Mundiais, oficinas nos acampamentos e assentamentos, reuniões nos núcleos de base e diversos outros encontros das instâncias organizativas, preponderantemente aqueles propostos pelos setores de “Educação” e “Produção, Cooperação e Meio Ambiente”, partes da organicidade deste movimento. Os vínculos com outras organizações também foram essenciais, principalmente aqueles articulados à Via Campesina no Brasil e na América Latina.

Outro aspecto que considero importante foi minha vivência social nos oito assentamentos circundantes à escola, como a participação nos núcleos das famílias e nos grupos de coordenação local e regional do MST. Essa inserção permitiu conhecer outra relação com a terra e com os sujeitos que vivem no campo. Sujeitos de direitos, produtores de cultura, que promovem, ainda que relativamente, processos de resistência ao modelo hegemônico em torno da produção agrícola.

Entre os anos de 2002 e 2004 frequentei o curso de Especialização em Educação do Campo oferecido pela Universidade de Brasília – UnB. No ano de 2008, a Especialização em Agroecologia e, no ano de 2014, o Mestrado em Agroecossistemas, ambas as formações oferecidas pelo CCA/UFSC. Em minha dissertação intitulada “Formação em Agroecologia no MST/SC: um olhar sobre os egressos do curso técnico em agroecologia da Escola 25 de Maio de Fraiburgo/SC” busquei levantar e discutir questões relacionadas com os limites e potencialidades da produção agroecológica nos assentamentos de reforma agrária, a partir de dados levantados com técnicos em agroecologia lá formados e que operavam nos assentamentos distribuídos nas diferentes regiões do Estado.

Realizei concurso na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, onde iniciei minhas atividades no ano de 2014. Ministro, desde então, principalmente os componentes curriculares “Agroecologia”, “Realidade do Campo Brasileiro” e “Meio Ambiente, Economia e Sociedade” no Curso de Licenciatura em Educação do Campo (Ciências da Natureza) do *Campus* Erechim (RS). No triênio 2014-16 atuei como coordenador do Curso de Graduação em Agronomia com ênfase em Agroecologia, criado para atender especificamente ao público da Via Campesina/Brasil.

Uma particularidade do curso de Licenciatura em Educação do Campo é que ele apresenta quase que a totalidade dos seus acadêmicos como sendo provenientes de Terras Indígenas (TI) situadas em diferentes Municípios dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, das etnias Kaingang e Guarani. Trago este detalhe para afirmar que as trocas durante os momentos das aulas proporcionaram muitos aprendizados em torno das relações sociais de

produção, auxiliando para com o desvelamento de muitas das consequências advindas de uma agricultura que explora intensivamente os recursos sociais e naturais, mediante as ações produtivas postas em curso.

A opção de realizar uma pesquisa no curso de doutorado em Educação Científica e Tecnológica — PPGECT/UFSC delineou-se como uma possibilidade de avançar no entendimento das relações entre ser humano e natureza, sobre a sustentabilidade dos sistemas produtivos interligados ao ensino da agroecologia, frente a crescente dificuldade de reposição dos nutrientes do solo ocasionada pelo atual modo de produção na agricultura.

INTRODUÇÃO

Nossa comunidade envolvida com o ensino e a pesquisa de ciência e tecnologia (C&T) está sempre desafiada a avançar para uma maior e melhor compreensão em torno de respostas-soluções sobre os problemas surgidos a partir da crescente e predatória interferência humana na natureza¹; intervenção essa se estabelece nas diferentes esferas da vida, seja no campo político, econômico, social, ético, moral, cultural e ambiental.

Mas a realidade se apresenta sempre de forma dinâmica e complexa, o que implica em observá-la e interpretá-la de modo crítico, considerando graus de dificuldade para a realização de reflexões mais abrangentes. A ciência moderna estabeleceu critérios para a compreensão dos fenômenos e da existência da vida objetivada por uma perspectiva realista, contrariando o idealismo que concebia, fundamentalmente, a realidade dos objetos físicos e dos fenômenos como representação do pensamento. Entretanto, é preciso diferenciar abordagens no sentido daquilo que se compreende como realismo ingênuo e realismo crítico. Diferentemente do realismo ingênuo que se ampara em um objetivismo puro, o realismo crítico considera a falibilidade das tentativas de conhecimento da realidade, como sendo provisórias e, portanto, passíveis de correção. Nessa concepção, as afirmações da ciência não têm o *status* de verdades inquestionáveis sem qualquer mediação humana. Nesse sentido, a partir de uma concepção crítica da ciência e da sociedade, temos observado questionamentos em torno dos processos de interferência crescente do aparato técnico-científico moderno, em todos os meios onde as diferentes formas de vida têm se realizado ou buscam se desenvolver.

Além disso, ao considerarmos o intrincado movimento em curso mediado pela recombinação intensificada e crescente dos fatores e meios de produção e reprodução da vida, podemos verificar a dominância de uma perspectiva reducionista — esta alicerçada em uma concepção de neutralidade frente ao desenvolvimento científico e tecnológico, que, por sua vez, sedimenta/intensifica uma visão fantasiosa que faz prevalecer e sustentar diferentes mitos como a “superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, a perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia e o determinismo tecnológico” (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 2).

¹ No intuito de demarcar o caráter indissociável entre Ser Humano e Natureza, invocando ser inadmissível estabelecermos rupturas e/ou desconexões, Marx introduz a ideia de relação, interdependência e, portanto, de não oposição entre esses termos ao discorrer sobre a “*essência humana da natureza*” e “*essência natural do homem*”, afirmando que: “A *essência humana* da natureza está, em primeiro lugar, para o homem *social*; pois é primeiro aqui que ela existe para ele na condição de *elo* com o *homem*, na condição de existência sua para o outro e do outro para ele; é primeiro aqui que ela existe como *fundamento* da sua própria existência *humana*, assim como também na condição de elemento vital da efetividade humana. É primeiro aqui que a sua existência *natural* se lhe tornou a sua existência *humana* e a natureza se tornou [para ele] o homem” (MARX, 2004, p. 106-107).

O atual sistema ancorado na ciência e na tecnologia interfere de modo significativo na continuidade e permanência dessas crenças/mitos que retroalimentam o próprio modelo econômico denominado capital². Dito de outra forma, o conhecimento científico e tecnológico, enquanto recurso disponível é requisitado, em grande medida, para atender às necessidades do sociometabolismo de sua acumulação do capital — em nosso trabalho analisado no tocante às atividades agrícolas, em que procuramos questionar mais especificamente a reposição artificializada dos nutrientes do solo em vista de constituir sua demanda de fertilidade junto aos diferentes sistemas produtivos. Partimos do princípio de que o solo necessita ser compreendido como um sistema considerado vital aos seres humanos e à natureza, a fim de constituir maior unidade desta com aqueles, e vice-versa.

Nesse sentido, por nosso estudo se situar no âmbito da perspectiva agroecológica e da sustentabilidade — particularmente envolvendo os aspectos ambientais —, analisamos dialeticamente as possíveis contribuições ao ensino das ciências da natureza e destas para com essa modalidade formativa.

É imperativo abordar e problematizar as formas de exploração econômica da terra, portanto, na agricultura, expondo como a relação ser humano-natureza foi se modificando ao longo da história da humanidade até o momento atual, período que foi deixando traços de crises ambientais. Percorreremos parte dessa trajetória apropriando-nos de uma perspectiva teórica e analítica crítica, especialmente a teoria materialista da história baseada nos fundamentos dos estudos marxistas de economia, visando um tipo de ensino de ciências que utiliza o conceito de “Falha Metabólica” — FM³ como tema/eixo estruturante para fortalecer o ensino da agroecologia.

Nesse sentido, um ponto de partida é o período que se convencionou chamar de Idade Moderna, dado que nele se estabelece um paradigma diferenciado que substitui a reposição natural dos nutrientes do solo pela sua crescente artificialização. Conseqüentemente, esse processo interfere sobremaneira no nosso modo de explicar e intervir na natureza. É a partir desse tempo, sobretudo com o advento da Revolução Industrial, que um novo modelo econômico — uma nova forma de organizar e promover as atividades agrícolas — vai se constituindo. Posteriormente, no tocante às transformações ocorridas

² A obra “Trabalho assalariado e capital”, escrita por Marx em 1849, busca apresentar, de forma mais objetiva, as relações sociais no capitalismo. Nela, o autor apresenta a definição de capital da seguinte forma: “O capital não consiste apenas de meios de subsistência, instrumentos de trabalho e matérias-primas, não consiste apenas de produtos materiais; compõe-se igualmente de valores de troca. Todos os produtos de que se compõe são mercadorias. O capital não é, portanto, apenas uma soma de produtos materiais, é também uma soma de mercadorias, de valores de troca, de grandezas sociais” (MARX, 2006, p. 47).

³ A partir daqui utilizaremos a forma abreviada desse conceito, que está mais desenvolvido no capítulo 1.

durante a segunda revolução agrícola, resulta em uma crescente substituição dos equipamentos de tração animal pela maquinaria, além do uso intensificado de insumos industriais em detrimento da utilização de adubação orgânica.

Diante disso sobrevêm alterações substanciais nos processos referentes à crescente necessidade de reposição dos nutrientes dos solos, principalmente como resposta às deficiências em torno da sua capacidade produtiva pelo uso gradativo e mais intensificado desse recurso natural; portanto, esses aspectos não ocorrem de forma imediata e generalizada, mas progressivamente.

Assim, a apropriação do conhecimento científico e tecnológico tem permitido que cada vez mais o ser humano consiga exercer seu poder de mediação/transformação frente os recursos disponíveis, na busca por satisfazer suas necessidades (e de acumulação capitalista).

No caso da produção agrícola, os aprimoramentos da técnica, da ciência e da tecnologia resultaram em um processo hegemônico orientado pela adoção sistemática de procedimentos técnicos em torno da reposição artificializada de nutrientes, mediante o conjunto de práticas científicas concernentes à promoção de fertilidade dos solos. Dessa forma, o progresso técnico-científico carregaria uma promessa ascendente de melhoria da vida planetária, por exemplo, relacionada a uma maior oferta em termos de quantidade, qualidade e diversidade junto à produção de alimentos.

A supremacia desse modelo dependente do emprego de insumos de síntese industrial apresentados pelo aparato técnico-científico contemporâneo interage desmantelando as formas ancestrais e artesanais de produção econômica e agrícola. Isso ocorre pela noção e indução de um progresso unidimensional calcado em uma condição de resolutividade infinita/perene dos problemas que se apresentam, descaracterizando as relações e valores sociais, éticos e morais, além de instituir, no ideário popular, um entendimento de que a ciência é neutra, imune a novas reinterpretações e que sempre “dá um jeito” de resolver os problemas que vão surgindo ao longo da história.

Sobre esse último aspecto, Granger, em sua obra “A Ciência e as Ciências”, traduzida por Roberto Leal Ferreira, ressalta que:

A ciência é uma das mais extraordinárias criações do homem, ao mesmo tempo pelos poderes que lhe confere e pela satisfação intelectual e até estética que suas explicações lhe proporcionam. No entanto, ela não é lugar de certezas absolutas e [...] nossos conhecimentos científicos são necessariamente parciais e relativos (GRANGER, 1994, p. 113).

Por sua vez, Porto-Gonçalves (2006) em “A Globalização da Natureza e a Natureza

da Globalização” recorre à análise do geógrafo Milton Santos (na obra “A Natureza do Espaço”) para afirmar:

Lembremos aqui a fina observação do geógrafo Milton Santos, quando nos chama a atenção que não há sistema técnico dissociado de um sistema de ações, de um sistema de normas, de um sistema de valores, e, assim, sinaliza para que não o reifiquemos afirmando uma ação do sistema técnico como se ele se movesse por si mesmo, sem ninguém que o impulsionasse (PORTO-GONÇALVES, 2006, p. 69).

Tais considerações nos oferecem o entendimento de que tanto a ciência quanto o sistema técnico, sendo frutos da obra e da criação humana são, pois, passíveis de novas reinterpretações que, por sua vez, podem vir a questionar as formas preponderantes de domínio da natureza efetivadas pelo ser humano — principalmente aquelas estabelecidas e respaldadas pela ideia de que, à medida que a própria ciência e a tecnologia se desenvolvem, a maior parte dos problemas natural e/ou automaticamente se resolveria no decorrer dos acontecimentos.

Devemos reconhecer que muitas das pesquisas e descobertas científicas contribuem para a resolução dos problemas que se apresentam no cotidiano, em torno da satisfação das necessidades humanas históricas. O emprego da ciência, por exemplo, esteve presente na agricultura desde a observação dos ciclos naturais até a manipulação das sementes e, na atualidade, com a biotecnologia. Nesta trajetória, tanto a intervenção humana como a utilização de diferentes técnicas e instrumentos se intensifica, modificando de forma mais rápida e eficiente, tanto a natureza como a nós mesmos. Dito de outra forma, devemos procurar entender mais profundamente as múltiplas determinações que conformam a realidade, incorporando a realização de um balanço crítico que logre antecipar os possíveis riscos e benefícios existentes, em torno das positivities e negatividades resultantes de nossas ações no ambiente.

Desde o princípio do desenvolvimento da agricultura, algo em torno de dez milênios atrás em nossa história, a questão da restituição da fertilidade dos solos — e com ela o valor nutricional das plantas — conta com o auxílio de algum tipo de conhecimento (ciência) e de técnica que se normatizam e se especializam, posteriormente, na forma do que hoje denominamos C&T, especialmente a partir da agricultura mais intensiva e oriunda do modo capitalista de produção. Diante disso, com a instituição da propriedade privada de um meio de produção que é a terra, se intensifica a sua hiper-exploração com a finalidade de obter lucro (valor de troca, dos produtos que dela são extraídos), exigindo a reposição cada vez mais

artificializada dos nutrientes necessários às plantas, em um ciclo que não é duradouro, sendo, antes, frágil e exaustivo.

Se de um lado houve motivação em torno do estudo dos nutrientes e ciclos biogeoquímicos por parte da ciência no período pré-capitalista (para continuarmos produzindo), de outro necessitamos compreender o movimento histórico e seus efeitos. Isso se dá, por exemplo, na compreensão sobre a dupla apropriação da terra, ou seja, como essa passa de bem comum que se torna privado e, com isso, também, os nutrientes contidos no solo? A observar que, por conta dessa mudança na forma social de propriedade, ambos, igualmente, tornam-se objetos de câmbio comercial em um sistema baseado em valor de troca, particularmente entre os proprietários e não proprietários dos meios de produção.

Assim, esse estudo abarca um conjunto de aspectos sociopolíticos, econômicos e ambientais, em um esforço de compreensão sobre a sociedade e as contribuições que o conhecimento no campo das Ciências da Natureza teve (e ainda tem) na configuração do atual estado das coisas. Por outro lado, parte do pressuposto que, de modo a incentivar uma formação em agroecologia ampla e complexa em sua essência, necessitamos compreender aspectos da sustentabilidade e requisitar conhecimentos substanciais das ciências que se dedicam ao estudo da natureza. Neste caso específico, a partir do entendimento mais aprofundado sobre o estudo do solo, sua origem e composição, considerando o conjunto de técnicas e manejos nele realizados ao longo do tempo que, por sua vez, se relacionam com a formulação da ideia de FM.

Temos, portanto, como opção investigativa explorar o conceito de FM para explicar a irreversibilidade na reposição dos nutrientes do solo⁴, particularmente quando se observa o acelerado modo de sua exploração pela economia capitalista na agricultura. Buscaremos, ao longo do nosso estudo, discutir como isto é suportado/potencializado pela ciência e tecnologia, trazendo como consequência histórica o estabelecimento de uma crescente insustentabilidade ambiental da vida como um todo.

Assim, é importante compreender o metabolismo natural do ser humano com a natureza e como essa ação também o modifica. Para tanto, nos apoiaremos na visão conceitual desenvolvida por Karl Marx em sua obra “O Capital: Crítica da Economia Política”:

Antes de tudo, o trabalho é um processo entre o homem e a Natureza, um processo em que o homem, por sua própria ação, media, regula e controla seu metabolismo com a Natureza. Ele mesmo se defronta com a matéria

⁴ Penteadó aponta que são 16 os elementos essenciais às plantas, classificando-os em Macronutrientes primários: N, P, K; Macronutrientes secundários: S, Ca, Mg; Micronutrientes: B, CL, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn (2011, p. 18-19).

natural como uma força natural. Ele põe em movimento as forças naturais pertencentes a sua corporalidade, braços e pernas, cabeça e mão, a fim de apropriar-se da matéria natural numa forma útil para sua própria vida. Ao atuar, por meio desse movimento, sobre a Natureza externa a ele e ao modificá-la, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza (MARX, 1996, p. 297).⁵

Adentraremos analisando como essa relação envolve toda uma teia de trocas e de fluxos materiais e energéticos, regulada fundamentalmente pela categoria trabalho, exercido com ou sem aporte de conhecimentos científicos, por exemplo. Ainda utilizando Marx, discute-se como essa capacidade/necessidade de realizar trabalho pode estabelecer um vínculo mais abrangente frente a formação de qualquer sujeito, especialmente quando se orienta para além de uma capacitação centrada em uma visão funcionalista e tradicional – orientada preponderantemente ao ensino de conceitos que agem por si só, sendo, portanto, alheia a maiores e diferentes significações, contextualizações e problematizações.

Ao admitirmos que o trabalho humano acrescido da tecnologia esteja sendo mobilizado para uma intervenção no processo produtivo (no caso, na produção agrícola), possibilitamos o desenvolvimento de uma maior capacidade em poder conectar teoria e prática, visando compreender as interdependências entre ciência e fenômenos da realidade.

Considerando esse aspecto, estaremos contribuindo (em tese) para a formação de uma maior independência intelectual, capaz de instituir compreensões desveladoras no sentido de entender mais profundamente que o sistema de funcionamento do capital não pode ficar dependente dos ciclos naturais, determinando, por sua vez, um controle cada vez maior e rígido sobre o conjunto dos processos de trabalho e de produção.

Pelo fato de existirem restrições diversas para compreendermos a imbricada relação ser humano-natureza, procuraremos centrar nosso diálogo teórico a partir de referenciais de autores que estabelecem um alargamento da compreensão de que não importa sob qual modo de produção vivamos, sempre teremos que nos defrontar com inexoráveis limites na extração dos recursos naturais, que, em última instância, determinam a continuidade da existência da FM entre ser humano e natureza. Portanto, nosso estudo se insere no tema da sustentabilidade (ambiental, mas não só) e seus imperativos limites.

Nesse âmbito, levaremos em consideração o que Martinez-Alier e Jusmet (2000) e Martinez-Alier (2007) discutem, quando nos trazem importantes questões envolvendo a economia ecológica e ecologia política, numa linha de sustentabilidade forte (ecológica e

⁵ Na perspectiva marxista a categoria trabalho assume centralidade de análise, uma vez que é pelo trabalho que os seres humanos modificam a natureza e se modificam, sendo, portanto, o trabalho que possibilita a vida em sociedade.

social). Discorrem, principalmente, sobre as dificuldades e incompreensões históricas de o marxismo considerar o estudo dos fluxos de energia aos estudos da economia humana.

Também nos valem daquilo que Foster (2005) traz quando procura demonstrar que a obra de Marx era profundamente ecológica e preocupada em desvendar as particularidades e contradições advindas da relação entre ser humano e natureza, exacerbadas pelo atual sistema econômico. Reinterpretando Marx, este autor nos traz que no sistema capitalista tal relação nos leva a uma ruptura do metabolismo natural que, conseqüentemente, nos fará rumar para uma condição que impossibilita cada vez mais a continuidade da vida, inclusive humana.

Por sua vez, ao explicitarem relações entre os processos naturais e sociais voltados à discussão sobre sustentabilidade e agroecologia, Molina e Toledo (2013, p. 8) apresentam considerações sobre o fluxo de nutrientes (matéria) e energia – mobilizados na produção agrícola em torno daquilo que conceituam como “capacidades de regeneração e absorção dos ecossistemas” mediante a “apropriação, transformação, distribuição, consumo e excreção”, respectivamente tidos como processo geral do metabolismo entre sociedade e natureza. Sustentam haver a necessidade de abordagens teóricas e metodológicas concernentes ao estudo do metabolismo social nos agroecossistemas, invocando maior capacidade de compreensão sobre a ocorrência da falha metabólica e os gastos energéticos que se amplificam no atual modo de produção do capital.

Além desses autores, Georgescu-Roegen (1971) e Andrei Cechin (2010) sustentam que, sendo a economia um sistema aberto, guardaria grande dependência em relação aos recursos naturais para a satisfação de quaisquer sistemas produtivos. Argumentam que a extração dos recursos naturais e a transformação destes em produtos geram, inevitavelmente, muitos resíduos materiais, além do aumento da entropia — processo que segue o princípio da termodinâmica, a qual, em sua segunda premissa, mostra não haver possibilidade de reversibilidade da energia, ou seja, aquilo que em determinado sistema físico interpreta a medida da energia não disponível para a realização de trabalho. Chamamos a atenção para um detalhe que consideramos bastante elucidativo: aquilo que convencionalmente nominamos como produção deveria, antes, ser entendida como extração da matéria e, a partir daí, poderiam ser considerados quaisquer outros processos transformadores, lembrando que o solo não pode ser produzido/reproduzido.

Nesse sentido, apreender um conjunto de conhecimentos já sistematizados na área das Ciências da Natureza – CN — e suas subáreas (Química, Física e Biologia) — é necessário para pensarmos em uma proposta de formação científica no âmbito da Agroecologia (área e curso), não limitada a uma dimensão mecanicista e produtivista, fugindo

de uma posição meramente discursiva ou politicamente contestadora, adotando, portanto, uma postura reflexiva/propositiva, que logre problematizar os mitos existentes frente à existência hegemônica da perspectiva reducionista, anteriormente sinalizada. Por óbvio que seja, convém sempre lembrarmos que o objeto de estudo das ciências da natureza é a própria natureza, embora esta não deva ser analisada de forma fragmentada (naturalista).

A atual crise socioambiental de dimensão planetária é parte desse processo histórico em que a ciência apresenta deficiências e exige que nos debruçemos sobre as origens, formas e consequências de nossas ações, intensificando a análise sobre o atual modelo de produção de bens e serviços cujo sistema de extração material da mais valia dos nutrientes da terra leva ao aceleramento de sua exaustão, colocando em risco as diferentes formas de vida. Sobre essa crise ambiental, Attico Chassot, em sua obra “Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação” aponta para os limites circunscritos à crise energética:

As evidências sobre os problemas ambientais, causados pela excessiva manipulação antrópica dos recursos naturais, e os desequilíbrios resultantes são tão grandes e tão divulgadas pela mídia que se tornaram lugar-comum. Uma das grandes preocupações dos tempos atuais é a demanda cada vez maior da sociedade por bens de consumo. Isto faz com que os recursos naturais, ou melhor, a **necessidade de energia** para transformá-los, torne-se cada vez mais crítica (CHASSOT, 2003, p. 138, *grifo nosso*).

O Ensino de Ciências, mesmo em cursos ligados à realidade socioambiental e outras perspectivas de desenvolvimento agrícola, pode e deve dar mais significados aos aspectos e dimensões acima apontados, tornando os aprendizados mais significativos e críticos, problematizando a realidade com maior profundidade. Sobre essa questão, o autor é ainda mais enfático ao propor e defender que:

Ao lado de fazermos uma alfabetização científica precisamos fazer uma alfabetização política. Talvez esta preceda a alfabetização científica. [...] Esta alfabetização política pode/deve ocorrer na esteira da alfabetização científica. [...] problema com que nos defrontamos é, paradoxalmente, simples e complexo. Simples porque sabemos o que fazer: propor uma Educação que alfabetize política e cientificamente homens e mulheres. Complexo: pois temos que sair do que se está fazendo e propor maneiras novas de ensinar nestes novos tempos (CHASSOT, 2003, p. 147 - 148).

Isso não significa desconhecer e negligenciar as especificidades de cada uma das áreas, como as das CN e agrárias, para a elucidação do conhecimento. Pelo contrário, seus aportes específicos precisam ser requisitados para que possamos compreender profundamente o funcionamento das regularidades e singularidades das forças da natureza, em diálogo com a

produção social da vida.

Se o compromisso da ciência é buscar coerência, a agroecologia nasce questionando e problematizando a forma hegemônica sobre como instituímos a agricultura no cotidiano, apresentando possibilidades que promovam compreensões mais aprofundadas em vista de encontrar formas de superação das dicotomias que interrompem a unidade relacional entre ser humano e natureza.

Buscamos, assim, interceptar um tipo de ensino de ciências – EC que utiliza o conceito de Falha Metabólica como tema/eixo estruturante para fortalecer a agroecologia. De modo geral, a agroecologia tem se desenvolvido enquanto possibilidade científica para, entre outros objetivos, problematizar as questões atinentes à sustentabilidade, em todas as suas dimensões — ambiental, social, política, econômica, cultural e ética; portanto, da vida.

Para além desses aspectos, a agroecologia movimenta um cabedal de conhecimentos técnicos e tecnológicos que incorporam diferentes manejos mobilizados em torno da produção social da vida como um todo, embora, no limite, ainda se encontre atrelada à agricultura enquanto categoria de análise, cumprindo o papel de questionar a forma hegemônica sobre como se organizam e se instituem ações produtivas menos perenes, a partir da exploração dos recursos naturais mediante o manejo dos solos, na especificidade desse estudo.

Como sistema multidimensional de produção agrícola, a agroecologia busca formas de superação ao modo mecanicista/funcionalista, mais centrado no processo de acumulação capitalista do que nas questões gerais que envolvem a produção e a reprodução da vida planetária. Dessa forma, a agroecologia representa uma síntese superadora de grande parte dos problemas e dificuldades elencadas, ao menos em termos de um maior reconhecimento dos limites ambientais a partir dos conhecimentos que ela pode mobilizar.

Articulada principalmente às ciências da natureza e agrárias, a agroecologia vem dando sentido e proposição a outras formas de entendimento em relação ao reconhecimento do caráter interdependente entre o ser humano e o ambiente, podendo desenvolver e sedimentar formas alternativas que busquem desvelar o inexorável processo materializado pela ocorrência da FM no interior da relação ser humano-natureza, o qual o capitalismo tem feito aumentar crescentemente. Esse é o sentido desenvolvido nos estudos de Marx e autores afins.

Diferentes estudos têm buscado interpretar como uma histórica produção de valores de uso do solo se transmutou numa contínua e crescente necessidade relacionada ao modelo econômico do capital, cujo produto essencial objetivou-se na produção de valores de troca sob a forma de mercadorias, como observado, por exemplo, nas obras de Foster (2005), Machado

e Machado Filho (2014) e Mazoyer e Roudart (2010).

Assim, essa finalidade intrínseca do capital de aportar valor de troca aos produtos da exploração do solo — que é um bem comum — acaba por interromper substancialmente o metabolismo racional entre ser humano e natureza, iniciado pelo deslocamento das populações rurais aos espaços urbanos industriais, fazendo com que a produção agrícola de alimentos, fibras e os nutrientes nestes contidos, em termos de fertilidade e riqueza da terra, sejam transportados para as cidades ao longo dos tempos. Concomitante a isto, sobre o espaço urbano ocorrem desordens e perturbações ocasionadas pela deposição dos dejetos provenientes do consumo dessa produção em geral, aliada à problemática da existência de um maior contingente populacional situado num menor espaço territorial.

Segundo Marx, o advento da propriedade privada da terra estabelece as bases do antagonismo entre campo e cidade que, por sua vez, se amplia substancialmente conforme o sistema do capital se desenvolve ao longo da história. O conjunto destes fatores acarreta numa maior falha junto ao metabolismo social (envolvendo também a natureza) observada pela separação entre os produtores diretos das suas condições materiais/culturais, o que ocasiona a consequente diminuição de sua capacidade em poder suprir as necessidades vitais, a exemplo, em torno do cultivo dos alimentos.

Portanto, as diversas elaborações de Marx sobre o conceito de FM e também do seu método de análise da realidade denominado materialismo histórico dialético⁶, podem se constituir como ferramentas potentes de interpretação da realidade social e histórica mediante o complexo e contraditório tecido que envolve a esfera das relações econômicas, sociais e ambientais entre os seres humanos, e destes com a natureza, principalmente sob a égide do capitalismo.

Tais contradições se traduzem numa questão central que demanda ser melhor e mais explicada científica, política e socialmente, podendo vir a se constituir numa preocupação e objeto específico da educação em ciências, particularmente ao buscar interpretar e explorar o conceito de FM. Enfim, pode se constituir como uma questão problematizadora ao ensino de ciências que auxilie a perspectiva agroecológica em busca de uma sustentabilidade ambiental mais ampliada.

Este trabalho, assim, almeja subsidiar a atividade docente no EC (Química, Biologia e Física) nas escolas ligadas à área das Ciências Agrárias em torno da agroecologia, embora

⁶ Método de análise da realidade, sendo que para o marxismo, a compreensão dos processos históricos deve ser buscada na forma pela qual os homens produzem os meios materiais, ou seja, parte do princípio de que a produção, assim como o intercâmbio de seus produtos, constitui a base da ordem social estabelecida em cada época histórica. Para mais informações consultar (ENGELS, F. *Anti-Duhring*, Grijalbo, México, 1964, p. 264).

não estejam excluídas outras tantas áreas do conhecimento. Pretendemos destacar a importância desse tema ligado à interpretação sócio-científica da falha metabólica, explorando seus desdobramentos ao conceito de (in) sustentabilidade em cursos de formação em agroecologia.

Dirigidos por essa questão nodal, focamos em possíveis contribuições entre o ensino de ciências e a agroecologia numa discussão que envolve processos produtivos sustentáveis. Nesse sentido, nosso **problema de pesquisa** se apresenta como:

Que tipo de articulação é possibilitada pelo conceito de FM em processos envolvendo o ensino de ciências na perspectiva agroecológica e da sustentabilidade ambiental?

Trazemos **duas hipóteses** relacionadas a esse problema de pesquisa:

1) a abordagem desse tema-conceito (FM) como estruturante no ensino de ciências, particularmente em cursos de agroecologia, pode ressignificar a própria ideia de sustentabilidade ambiental.

2) a abordagem sobre a FM em cursos de agroecologia é capaz de introduzir elementos que ajudem a desvelar como a agricultura, em sua configuração hegemônica, produz uma forma extremada e acelerada de destruição do ambiente, de modo a tornar insustentável a reposição dos nutrientes do solo, ocasionando dificuldades para a manutenção da vida como um todo.

Em termos de objetivos elencamos:

Geral:

Discutir e apontar articulações entre o conceito de FM e o ensino de ciências visando contribuir para a formação agroecológica no contexto da sustentabilidade.

Objetivos Específicos:

1 – Problematizar o modo de produção capitalista na agrícola em confronto com alternativas como a da agroecologia, questionando o conceito de sustentabilidade à luz dos limites contidos no processo concernente à ocorrência da FM.

2 – Discutir sobre a FM como potencial conceito estruturante à formação científica em agroecologia no âmbito da (in) sustentabilidade ambiental, conjugada à relação ser

humano e natureza.

3 – Sinalizar e propor integrações conceituais e formas de abordagem entre as ciências da natureza e agrárias, particularmente a partir dos estudos sobre a reposição natural e artificial de nutrientes, considerando a ocorrência da FM.

É nesse âmbito que o presente trabalho se situa, de modo que nossa investigação de natureza teórica envolve a análise mais profunda sobre o conceito de FM na abordagem relativa à exploração agrícola. Tem a pretensão de qualificar e intensificar estudos na perspectiva das ciências agrícolas, em particular sobre a agroecologia, discutindo o problema do exaurimento e formas de reposição de nutrientes do solo, de modo a situar o papel da formação de base ligada às ciências naturais, à luz dos debates sobre sustentabilidade (ambiental).

Em relação aos aspectos metodológicos, desenvolvemos uma análise teórica qualitativa utilizando estratégias de pesquisa bibliográfica e documental. Na pesquisa bibliográfica nos debruçamos sobre leituras de livros e artigos científicos que abordam os seguintes temas: agricultura, economia política, agroecologia, sustentabilidade, educação científica e tecnológica e ensino de ciências. Para melhor apropriação do conceito de FM e do processo relacional entre ser humano e natureza utilizamos como fonte principal as obras de Marx (1988; 2004) e Engels (1966; 1979). No campo do ensino de ciências tem destaque a formulação em torno dos Conceitos Unificadores desenvolvido por Angotti (1991), que possibilitou pensar didaticamente o currículo, sobretudo em cursos de nível médio.

Na pesquisa documental recorreremos aos sites oficiais do Ministério da Educação na busca de orientações para o ensino das Ciências da Natureza – CN, com foco nos “Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN” e “Base Nacional Comum Curricular – BNCC”. Selecionamos como recomendações importantes, em ambos os documentos, os princípios da interdisciplinaridade e contextualização.

A análise dos textos parte de uma abordagem dialética considerando o contexto histórico dos principais fatos e acontecimentos discutidos, bem como as forças em curso que interferem na produção teórica de cada momento. Buscamos acerrar o problema e a formulação de sínteses considerando as categorias de contradição e totalidade, que conforme Paviani (2013) são essenciais, pois permitem investigar os fenômenos na complexidade de seus aspectos e de suas relações de contrários. Para Cury (1985) a contradição é o próprio motor interno do desenvolvimento da realidade, sendo ao mesmo tempo destruidora e criadora, pois sempre exige a superação. No caso da sociedade capitalista, o movimento se dá em consequência do desenrolar das contradições que operam no seu meio. Já a noção de

totalidade, que é muito mais que a soma harmônica das partes, implica na compreensão da relação entre o universal e o parcial de modo dinâmico. “Essa tensão das contradições no seio da totalidade implica o reconhecimento do real como histórico” (CURY, 1985, p. 35).

Atuando nesta perspectiva também utilizamos de autores que contribuem para uma compreensão histórica relacionada à formação socioeconômica da sociedade brasileira no intuito de aprender os fenômenos em sua essência. Assim, almejamos realizar as devidas conexões entre as singularidades, particularidades e universalidades, um movimento do geral para o específico e vice-versa, guardando correspondência com a conformação da sociedade em geral nas múltiplas determinações que compõem o real, mediatizadas pela tríade “tese/antítese/síntese” — esta última sempre provisória, ou seja, um ciclo perpétuo, um estado contínuo de vir a ser, própria do materialismo histórico dialético que utilizamos como referencial de análise da realidade em nosso estudo.

Trazemos aspectos sobre a realidade do campo brasileiro principalmente no intuito de demonstrar que nosso País assume um caráter funcionalista ao capital internacional. Ao realizar o processo produtivo agrícola a partir da intensificação do emprego de adubos industriais exportamos produtos primários (fluxo de nutrientes, matéria e energia), explorando a natureza e seus trabalhadores e ocasionando um grave aceleração da FM. Além disso, essa lógica produtiva intensifica a deposição e resíduos, muitos destes causadores de diferentes impactos ambientais no território nacional.

Aqui se encontra a principal motivação deste trabalho: aprofundar compreensões em torno dessa problemática que perpassa a relação ser humano e natureza e as possíveis articulações entre o ensino de ciências, a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade, a partir de um conceito estruturante denominado falha metabólica quando da análise sobre a privatização e exploração da terra cuja apropriação de seus nutrientes para fins de troca, produz, intensifica e acelera a inexorável irreversibilidade de reposição destes.

A organização da tese abrange quatro capítulos. No **primeiro capítulo** apresentamos o conceito de FM e um apanhado histórico sobre generalidades e especificidades na relação ser humano-natureza, considerando reciprocidades e antagonismos, tendo como foco a extração da mais-valia dos nutrientes dos solos no modo de produção capitalista.

Aspectos que envolvem a (in) sustentabilidade, pensamento ecológico, correntes de agricultura e agroecologia é o foco do **segundo capítulo**. Considerando que a utilização de recursos e tecnologias da agricultura na atualidade tem acelerado e, conseqüentemente, acentuado a ocorrência da FM mediante a sistemática estabelecida, tendo como ponto de partida a análise do caso brasileiro.

No **terceiro capítulo** discorreremos sobre o ensino, com foco nas Ciências da Natureza - CN considerando os documentos “Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN” e “Base Nacional Comum Curricular – BNCC”, em termos dos limites e possibilidades para a instituição e materialização de uma educação científica e tecnológica de perspectiva alargada incidindo sobre a formação em agroecologia.

Por fim, no **quarto capítulo**, trazemos proposições advindas das áreas das CN, procurando interpretar em que medida o conceito de FM pode contribuir para a materialização de uma compreensão mais ampliada sobre a vida humana e o ambiente, mediante a função estruturante que pode oferecer na articulação entre o ensino de ciências, a perspectiva da sustentabilidade e da formação em agroecologia. Procuramos discutir a instituição de uma educação interdisciplinar, principalmente quando o conjunto das proposições de cada uma das áreas das CN admita maior diálogo com a teoria dos “Conceitos Unificadores”, tendo como base a origem, formação, composição e fertilidade do solo, objetivando novos aprendizados em torno dos manejos e técnicas nele utilizadas.

1 O CONCEITO DE FALHA METABÓLICA: RECIPROCIDADES E ANTAGONISMOS ENTRE SER HUMANO E NATUREZA

Neste capítulo apresentamos o conceito de FM e um apanhado sobre generalidades e especificidades na relação ser humano-natureza, considera reciprocidades e antagonismos frente o desenvolvimento científico e tecnológico ocorrido nos diferentes modos de produção, tendo como foco a extração da mais-valia dos nutrientes dos solos na atividade agrícola, que se acirra no atual modo de produção capitalista.

A realidade histórica e social nos distintos modelos econômicos se apresentou, primordialmente, pelo estabelecimento de uma produção voltada para a obtenção de valores de uso. Para Marx (1985, p. 46): “o valor de uso realiza-se somente no uso ou no consumo”. Esses valores são, portanto, o conteúdo material de riqueza, inerentes à condição de existência humana, independentemente do tempo e local histórico. Entretanto, na forma capitalista de produção, os mesmos objetos que têm ‘valor de uso’ carregam em si um “valor de troca” ao serem transformados em mercadorias. Em sua passagem sobre a mercadoria, capítulo I do *Capital*, fica explícito o sentido dessa afirmação:

Uma coisa pode ser valor de uso, sem ser valor. É esse o caso, quando a sua utilidade para o homem não é mediada pelo trabalho. Assim, o ar, o solo virgem, os gramados naturais, as matas não cultivadas, etc. Uma coisa pode ser útil e produto do trabalho humano, sem ser mercadoria. Quem com seu produto satisfaz sua própria necessidade cria valor de uso mas não mercadoria. Para produzir mercadoria, ele não precisa produzir apenas valor de uso, mas valor de uso para outros, valor de uso social. E não só para outros simplesmente. O camponês da Idade Média produzia o trigo do tributo para o senhor feudal, e o trigo do dízimo para o clérigo. Embora fossem produzidos para outros, nem o trigo do tributo nem o dízimo se tornaram por causa disso mercadorias. Para tornar-se mercadoria, é preciso que o produto seja transferido a quem vai servir como valor de uso por meio da troca. Finalmente, nenhuma coisa pode ser valor, sem ser objeto de uso. Sendo inútil, do mesmo modo é inútil o trabalho nela contido, não conta como trabalho e não constitui qualquer valor. (MARX, 1986, p. 49)

Ao longo da história humana vivenciamos diferentes formas de organização socioeconômica. Cada um desses modos está relacionado à existência de especificidades frente ao desenvolvimento das forças produtivas e das relações de produção, inerentes a cada época estabelecida. Quanto às forças produtivas, estas são o resultado da combinação entre a força de trabalho humano e os meios de produção — objetos/instrumentos de trabalho. Nessa relação os seres humanos se utilizam de um conjunto de recursos naturais como o solo, a água, as florestas, os animais, a energia solar e outros, introduzindo e mobilizando

determinados conhecimentos técnicos, aparato tecnológico, máquinas e ferramentas que possibilita diferentes formas de organização social, em acordo com as condições materiais estabelecidas. Sobre esses aspectos, o autor destaca:

Na produção social de sua existência, os homens estabelecem relações determinadas, necessidades, independentes da sua vontade, relações de produção que correspondem a um determinado grau de desenvolvimento das forças produtivas materiais [...]. O modo de produção da vida material condiciona o desenvolvimento da vida social, política e intelectual em geral. [...]. Em certo estágio de desenvolvimento, as forças produtivas materiais da sociedade entram em contradição com as relações de produção ou, o que é sua expressão jurídica, com as relações de propriedade no seio das quais se tinham movido até então. De formas de desenvolvimento das forças produtivas, estas relações transformam-se em seu entrave (MARX, 1983, p. 24-25).

Assim, a sociedade foi se aparelhando, alterando a natureza e, no mesmo tempo, transformando os indivíduos a partir dos recursos disponíveis em cada um dos sistemas econômicos vivenciados. Sobre esses aspectos, Mazoyer introduz a ideia da existência de uma constante evolução entre ser humano e natureza, mediada pela técnica e tecnologia, quando afirma:

Com efeito, ao longo de todo o processo de hominização, cada nova geração toma seu impulso no terreno técnico e cultural enriquecido pelas gerações precedentes, de modo que os precursores biológicos de uma nova espécie de homínídeos são necessariamente tributários da herança técnica e cultural da espécie precedente (2010, p. 68).

Por sua vez, as relações de produção organizam os respectivos sistemas econômicos mediante a divisão de tarefas, em que se apresentam diferentes técnicas e funções estabelecidas por associações, trocas e especializações junto ao trabalho realizado.

Não só por meio da indústria, mas também e principalmente pela agricultura a relação ser humano-natureza foi sendo modificada — não sem graves e irreversíveis consequências que comprometem o futuro do planeta (FOSTER, 1999; PONTING, 2007). Processos agrícolas, de forma cada vez mais intensa incorporaram pacotes tecnológicos em suas atividades e aprofundaram a extração irreversível de nutrientes naturais do solo, com implicações à produção/reprodução da existência humana — a qual é metabolicamente atrelada ao meio natural.

Todavia, nem sempre a agricultura foi desenvolvida dessa forma na história. Desde o surgimento da espécie humana até o momento em que se institui o que propriamente se denomina por agricultura, algo em torno de dez mil anos atrás, a sociedade vivenciou

diferentes modelos econômicos, dentre eles o modo de produção primitivo e com maior duração quando comparado aos demais.

Sem dúvidas o “descobrimento” da agricultura pode ser compreendido como um dos principais acontecimentos da história da humanidade e o seu desenvolvimento por meio de diferentes técnicas e manejos permitiu o estabelecimento gradativo da vida em comunidade. As populações nômades, compostas por caçadores e coletores, necessitavam buscar seu alimento onde quer que fosse encontrado, sendo esta a principal atividade desenvolvida pelos indivíduos no sentido de prover sua existência⁷. Conforme a sociedade se complexifica e sofre estratificações sociais, ocorrem rupturas no sistema de produção e da circulação de bens. A partir da observação e experimentação de novas técnicas, vai se constituindo um conjunto de aprendizados relacionados ao fazer agrícola; portanto, uma ação humana permanente e crescente no ambiente, em constante transformação. Essa condição também permitiu a instalação de povoamentos, a execução de atividades direcionadas aos cultivos agrícolas e a criação de animais, inaugurando, ainda, inovadoras qualidades em torno da capacidade de sedentarismo que, em grande medida, suplanta a fase nômade anterior.

Posteriormente ao modo primitivo de produção agrícola, outros foram desenvolvidos, tais como o Asiático, o Escravista e o Feudal. Estes foram antecessores do capitalismo e são frutos do desenvolvimento das atividades produtivas postas em prática, em que se inicia ou introduz um comércio das sobras/excedentes de produção, primordialmente mediado pela troca de produtos regulados pela monetarização.

Assim, a agricultura foi e continua a ser um dos componentes fundamentais da atividade humana, sendo o solo sua parte essencial, fonte de nutrientes às plantas, cujo processo de extração — intensificado dependendo do modelo agrícola e econômico — provoca uma Falha Metabólica (FM), uma ruptura no metabolismo entre ser humano e natureza.

Originalmente desenvolvido por Karl Marx, o conceito de FM é apresentado em diferentes passagens de sua vasta obra. No entanto, de forma sintética, Marx apresenta sua gênese e essência em “O Capital” (1867), Vol. I (2), Seção IV, Cap. XIII, Item 10 - Grande Indústria e Agricultura. As múltiplas determinações que constituem a materialização desse conceito são tratadas por Marx e Engels no “Manifesto Comunista” de 1848, decorrentes principalmente da crescente alienação dos seres humanos em relação à natureza mediante o advento da industrialização, constituindo-se um antagonismo cada vez mais ampliado entre

⁷ Engels, F. **El papel del trabajo em la tranformacion del mono em hombre**. In: Obras Escogidas em Dos Tomos de Marx e Engels. Editorial Progreso, 1966.

campo e cidade. Esse processo contínuo modificou substancialmente a vida das sociedades ao instituir novas formas de regulação política, social e econômica dos territórios, bem como a instalação da propriedade privada das terras, esta condição primária na gênese do capitalismo.

Marx se valeu dos estudos de Justus Von Liebig, cientista químico alemão que, entre os anos 1840-1842, procurou entender aspectos inerentes à nutrição de plantas e animais, bem como a questão do esgotamento da fertilidade do solo, já sentido naquela época, além das trocas energéticas entre organismos e ambiente. Liebig buscou uma compreensão científica ligada exclusivamente ao metabolismo natural. Marx avançou quando incorporou a variável ser humano à sua análise sobre o metabolismo, que na forma social do capital se apropria dos meios de produção (terra-solo) e de seus frutos (planta-alimento), intensificando cada vez mais os processos produtivos desreguladores do metabolismo entre sociedade e natureza junto aos sistemas ecológicos. Tal intensificação sentida ao longo do tempo, primordialmente a partir da segunda revolução agrícola ocorrida entre os séculos XVIII e XIX amplifica o uso da mecanização, tornando-se um dos principais fatores que ocasionam a alta dependência a insumos externos em detrimento das capacidades naturais de oferta dos solos, como já bem demonstraram os recentes estudos de Mazoyer e Roudart (2010).

Na definição de Marx, “Antes de tudo, o trabalho é o processo entre o homem e a Natureza, um processo em que o homem, por sua própria ação, media, regula e controla seu metabolismo com a Natureza” (1985, p. 149). Assim, a essa relação humana com a natureza, Marx atribui o nome de metabolismo. O trabalho humano não nega a natureza, mas contém uma intrínseca contradição objetivada pela transformação dos recursos naturais em mercadoria, numa forma social que explora tanto a natureza quanto os homens (força de trabalho), requerendo valores de troca para a realização do objetivo central do atual modo de produção.

Dessa forma, o capitalista, na medida em que necessita pragmaticamente exigir para si valores de uso às coisas, institui uma alteração substancial que se demonstra pela negação das funções naturais antes estabelecidas. Para tanto, processa um maior rompimento do metabolismo natural quando comparado aos modos anteriores, efetivado na/pela busca quase que exclusiva em estabelecer valores de troca, mecanismo pelo qual se viabilizam as realizações econômicas capitalistas. Assim, as trocas reguladas pelo mercado tornam-se preponderantes para a acumulação de todas as formas de capital, cujos efeitos, dentre outros, se refletem numa condição de insustentabilidade exacerbada do ambiente.

John Bellamy Foster (2005), em sua obra “A ecologia de Marx: materialismo e natureza” busca recuperar as teorias marxistas para resgatar-lhes o sentido ecológico. Ao

tratar de estudos sobre as transformações na agricultura pós-industrialização, o autor indica que metabolismo é um conceito-chave que permeia o conjunto da obra de Marx, que o empregava:

[...] tanto para se referir à real interação metabólica entre a natureza e a sociedade através do trabalho humano (contexto em que o termo era normalmente usado nas suas obras) quanto, num sentido mais amplo (sobretudo nos *Grundrisse*), para descrever o conjunto complexo, dinâmico, interdependente, das necessidades e relações geradas e constantemente reproduzidas de forma alienada no capitalismo, e a questão da liberdade humana suscitada por ele – tudo podendo ser visto como ligado ao modo como o metabolismo humano com a natureza era expresso através da organização concreta do trabalho humano. O conceito de metabolismo assumia assim tanto um significado ecológico específico quanto um significado social mais amplo (FOSTER, 2005, p. 222 – 223).

E prossegue sua análise discorrendo sobre a ideia da ocorrência de uma falha ou ruptura nesse metabolismo, ao trazer que:

Marx empregou o conceito de “falha” na relação metabólica entre os seres humanos e a terra para captar a alienação dos seres humanos dentro da sociedade capitalista das condições naturais que formaram a base da sua existência – o que ele chamou “a[s] perpétua[s] condição[ões] da existência humana imposta[s] pela natureza” (FOSTER, 2005, p. 229).

As contradições entre natureza e sua forma mercadoria, oriundas da instituição e desenvolvimento das forças produtivas erigidas no capitalismo, principalmente a partir da revolução industrial — com a introdução da maquinaria e da constante tecnificação dos processos produtivos e incidência de novas tecnologias — estabelecem uma ampliação considerável da falha metabólica, quando compararmos a outros períodos históricos.

Dessa forma, a produção da existência humana ao longo da história foi instituindo certa predominância de determinado modo de produção que lhe conferiu hegemonia. No entanto, isso não caracterizaria a inexistência de outros arranjos sociais simultâneos ao estilo dominante, que, por sua vez, procurariam estabelecer formas diferenciadas em torno da exploração dos recursos humanos e naturais. Portanto, é possível a coexistência de diferentes sistemas econômicos, embora o sistema capitalista prepondere na contemporaneidade e, inclusive, amplie significativamente a ocorrência da FM.

Sobre esse aspecto, podemos encontrar maiores considerações nos escritos de Marx (1977) em “A origem do capital: a acumulação primitiva”, o qual discorre sobre aspectos inerentes ao funcionamento do modo de produção à época:

A essência do sistema capitalista está, pois, na **separação radical entre o produtor e os meios de produção**. Esta separação torna-se cada vez mais acentuada e numa escala progressiva, desde que o sistema capitalista se estabeleceu; mas, como esta separação constituía sua base, ele não se poderia estabelecer sem ela. Para que o sistema capitalista viesse ao mundo foi preciso que, ao menos em parte, os meios de produção já tivessem sido arrancados sem discussão aos produtores, que os empregavam para realizar o seu próprio trabalho; que esses meios de produção se encontrassem já nas mãos dos produtores comerciantes e que estes os empregassem para **especular sobre o trabalho dos outros** (MARX, 1977, p. 14 -15, *grifos nosso*).

Ainda tratando sobre essa preponderância do modo capitalista sobre os demais modos de produção, tomamos as considerações realizadas por Marta Harnecker sobre o assunto:

Podemos afirmar, por exemplo, que desde a época da conquista, os países da América Latina têm estado submetidos ao sistema capitalista mundial, de início sob a forma do capitalismo comercial e depois através de relações de produção propriamente capitalistas (ou na maior parte deles); mas afirmar que o sistema de produção capitalista domina não significa negar que existiam e que ainda existem, de forma bastante difundida, relações pré-capitalistas de produção; relações de produção que se aproximam das comunidades primitivas em alguns lugares isolados, relações semi-servi em muitas zonas camponesas e uma difusão bastante grande da pequena produção artesanal (HARNECKER, 1983, p. 140).

A autora, ao tratar dos conceitos elementares do materialismo histórico, afirma que o “modo de produção” é constituído por três estruturas, a saber: a econômica, a jurídica (leis, Estado, etc.) e a ideológica (ideias, costumes, etc.) (HARNECKER, 1983, p. 136). Para ela, o modo de produção é um “[...] conceito teórico que permite pensar na totalidade social como uma estrutura dominante, na qual o nível econômico é determinante em última instância” (HARNECKER, 1983, p. 138).

Compreendemos, portanto, que o ser humano introduz transformações que dão concretude às determinadas formas organizacionais e, para isso, mobiliza forças produtivas e os meios de produção em cada tempo histórico. Nesse processo também se modificam substancialmente as relações de produção, ocasionando diferentes contradições que, num certo grau de desenvolvimento, podem inaugurar revoluções sociais que buscam suplantam o modelo dominante vigente.

Queremos salientar que, ao mesmo tempo em que aprimoramos as técnicas e ferramentas, gradativamente operam-se mudanças na forma como a sociedade estabelece as relações entre seus pares, nos modos de vida existentes, onde se criam novas dinâmicas, hábitos, costumes e necessidades. Estas, por sua vez, tencionam o alavancar de

transformações — algumas mais profundas — podendo, inclusive, implodir a hegemonia de determinada conformação socioeconômica.

Esse é o cenário segundo o materialismo histórico dialético onde se dá a relação ser humano-natureza. É inerente à condição humana mediar processos junto à natureza para produzir/reproduzir sua existência, por meio da sua capacidade de realizar trabalho.

Como discutiremos mais adiante, esta mediação impõe limites à sobrevivência da natureza, bem como da humanidade que dela faz parte. E é justamente para esses limites naturais que já eram anunciados por Friedrich Engels, em sua obra “Introdução à Dialética da Natureza” ao destacar a ação humana: “Só uma organização consciente da produção social, em que produção e distribuição obedeçam a um plano, pode elevar socialmente os homens sobre o resto do mundo animal, do mesmo modo como a produção em geral os elevou como espécie” (ENGELS, 2000, p. 10). Sobre este último aspecto é célebre a frase do mesmo autor, que diz “... a natureza adquire consciência de si mesma na pessoa do homem” (ENGELS, 2000, p. 9). Denota o grau de imbricação e reciprocidade entre ser natureza e ser humano: este é produto daquela, mas dela se diferencia pela capacidade de ação consciente no mundo, faculdade que lhe permite compreender, experimentar, sentir e vivenciar a totalidade e as particularidades de sua essência interior, promover modificações no ambiente natural mediante processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem nos organismos vivos, por meio das transformações das diferentes substâncias produtoras da energia vital.

Ao reforçar o grau de interdependência entre ser humano e natureza, Engels demarca (capítulo *Humanização do Macaco pelo Trabalho*) que nossa ação racional está submetida às mesmas leis da natureza:

E assim, somos a cada passo advertidos de que não podemos dominar a Natureza como um conquistador domina um povo estrangeiro, como alguém situado fora da natureza; mas sim que lhe pertencemos, com a nossa carne, nosso sangue, nosso cérebro; que estamos no meio dela; e que todo o nosso domínio sobre ela consiste na vantagem que levamos sobre os demais seres, de poder chegar a conhecer suas leis e aplicá-las corretamente (ENGELS, 1979, p. 224).

Indica como o desenvolvimento das forças produtivas afirmadas pelo atual modelo econômico subverte essa “unidade” Ser humano–Natureza, de modo que [...] “a propriedade privada, fundada no trabalho próprio, se desenvolve necessariamente no sentido da carência de propriedade entre os trabalhadores, enquanto toda a propriedade se concentra, cada vez mais, nas mãos dos que não trabalham” (ENGELS, 1979, p. 226-227). Adverte, ainda, que a partir da crescente intervenção humana na natureza ocorrem desdobramentos muitas vezes

distintos daqueles objetivos anteriormente propostos. Ou seja, essas ações, simultaneamente, incorporam transformações substanciais que se refletem em contradições subjacentes a cada modelo econômico vivenciado. Ao tratar sobre o uso dos recursos naturais, o autor salienta: “[...] a cada dia que passa aprendemos a compreender mais corretamente as suas leis e a conhecer os efeitos imediatos e remotos resultantes de nossas intervenções no processo que a mesma leva a cabo” (ENGELS, 1979, p. 224).

Para Engels, o objetivo principal do modo de produção capitalista é a mercantilização da natureza, extraindo dela toda a riqueza — da terra e dos trabalhadores:

[...] os capitalistas, que dominam a produção e seu intercâmbio, não se podem preocupar, cada um dêles, senão com o efeito útil e mais imediato relativo às suas atividades. Até mesmo êsse efeito útil (enquanto se trata da utilidade do artigo produzido ou trocado) passa inteiramente a um segundo plano: a única mola propulsora consiste no lucro a ser obtido através da venda (ENGELS, 1979, p. 226).

O trabalho humano não recusa ou elimina a natureza. A atual forma social de produção amplia a extração dos recursos naturais e os transforma em mercadoria, num processo que explora a natureza e seres humanos (força de trabalho), requerendo valores de troca para a obtenção de lucro. O capitalista, na medida em que necessita pragmaticamente demandar para si o valor de uso de todas as coisas, institui uma negação das funções naturais anteriormente estabelecidas, desregulando ainda mais o metabolismo entre ser humano e natureza para viabilizar a acumulação de riquezas.

Por fim, Engels aponta que apenas o mero reconhecimento dessas dinâmicas e contradições entre ser humano e natureza não se encarregaria de originar um potencial transformador da realidade: “Para isso, será necessária uma completa revolução em nossa maneira de produzir e, ao mesmo tempo, de toda a ordem social atualmente dominante” (ENGELS, 1979, p. 225).

Assim, neste primeiro capítulo, quando apresentamos o conceito de FM, procuramos trazer aspectos que reforçam a unidade entre ser humano e natureza, demarcando nossa qualidade e possibilidade de existência como sendo perpetuamente condicionada ao meio natural. É inerente à espécie humana, mediante o ato de produzir e reproduzir suas existências, executar intervenções na natureza, sendo que, no mesmo tempo em que a transformamos, somos modificados ao longo da história. Daí advém que, diferentemente dos modos de produção que antecederam o capitalismo, no atual modelo o ser humano influencia sobremaneira o meio a partir de diferentes perturbações no sistema natural, principalmente a

partir do advento da revolução industrial, ocasionando uma amplitude da chamada FM. Além disso, é importante lembrar que a própria FM é uma condição natural, independentemente do modo de produção vigente, bem como da existência dos seres humanos. A lei da termodinâmica, em seu segundo postulado, trata e explicita esse processo advindo da ordenação da matéria e das respectivas trocas energéticas e caloríficas (entropia).

Por ora, observamos que a compreensão em torno do conceito de FM nos permite ampliar o entendimento sobre fenômenos e efeitos, quer seja no âmbito da natureza e/ou referente aos aspectos historicamente construídos no contexto social. No caso do sistema capitalista, essa falha acaba por tomar maiores dimensões, acarretando um acirramento das contradições em torno do metabolismo entre ser humano e natureza que, ao passo que traz implicações significativas, induz à proposição de alternativas contra-hegemônicas, como a perspectiva agroecológica e da sustentabilidade, discussões que serão abordadas na sequência.

2 O ACELERAMENTO DA FALHA METABÓLICA NO CAPITALISMO: A QUESTÃO DA (IN) SUSTENTABILIDADE E DA AGROECOLOGIA

Discutir e interpretar a agricultura, particularmente no nascimento do capitalismo, visa apresentar seu caráter exploratório — intenso e bastante particular — frente ao conjunto de recursos naturais e sociais existentes. Trazemos isto pelo fato de que, diferentemente de outros modos de produção que antecederam o atual modelo econômico, se acirram as formas de exploração dos recursos naturais e a intensificação da utilização dos solos de modo a produzir alimentos e fibras.

Como pudemos demonstrar no capítulo anterior, é inerente à condição humana a necessidade perpétua de logarmos êxito em torno dos processos de mediação junto à natureza, em qualquer sistema econômico, de modo a produzir e reproduzir nossas existências. No entanto, a unidade ser humano e natureza se apresenta cada vez mais cindida a ponto de se estabelecer um paradoxo em torno do metabolismo relacional entre essas categorias.

Nas palavras de Bensaïd (1999), temos que a “determinação social domina a determinação natural”, pois, em grande medida, a produção necessária à reprodução do atual sistema mediante a instituição de novas carências está condicionada aos processos assentados/mediados na mercantilização da vida, direcionados quase que exclusivamente para o desenvolvimento de um sociometabolismo irreversível do capital, trazendo como consequência a amplitude da FM.

Considerando esses aspectos, pretendemos abordar neste capítulo alguns elementos que sustentam a tese de que a utilização de recursos naturais, artificiais e tecnologias da/pela agricultura moderna têm acentuado as contradições outrora existentes, incentivando gradativamente a emergência de outras tantas.

Assim, optamos em apresentar questões inerentes ao contexto brasileiro, que cumpre um papel estratégico frente ao desenvolvimento da agricultura capitalista para, em seguida, nos dedicarmos à reflexão em torno do conceito de sustentabilidade vinculado aos potenciais teóricos alternativos da ciência agroecológica.

Reconhecemos que o discurso em torno da sustentabilidade e a emergência da agroecologia carrega a intenção de minimizar os efeitos da FM — ainda que não conscientemente reconhecidos nesse conceito —, principalmente naquilo que se relaciona às dificuldades de reposição dos nutrientes do solo em sua forma hegemônica instituída.

A industrialização e a monocultura no campo intensificam a extração de nutrientes e

sua concentração nas plantas. Isso tem ocasionado a exaustão do solo que, por sua vez, precisará cada vez mais de nutrientes de síntese industrial criando, dessa maneira, recorrências em torno das práticas concernentes à reposição artificial desses elementos. Além disso, o consumo para além das necessidades básicas da população, próprio de um modo de vida capitalista, também acarreta distúrbios outrora não sentidos e/ou reconhecidos como graves problemas em torno dos limites que dão sustentação às diferentes formas de vida.

Como já afirmado, em um recorte trazemos considerações direcionadas ao desenvolvimento em torno das atividades produtivas na especificidade do caso brasileiro, no intuito de melhor compreender o funcionamento dessa sistemática organizativa que, em geral, possibilita a existência e a continuidade de ações artificializadas em termos de reposição e extração dos nutrientes do solo, mediante o conjunto das atividades que se estabelecem de modo a extrair lucro em detrimento das questões que envolvem uma produção mais sustentada.

2.1 A LÓGICA CAPITALISTA NA RELAÇÃO SER HUMANO E NATUREZA: A AGRICULTURA NO BRASIL

Na busca por compreender as relações entre a lógica exploratória do trabalho humano e dos recursos da natureza frente ao atual quadro da realidade na agricultura, optamos por fazer um recorte analítico em torno do caso brasileiro. No mesmo tempo em que demonstramos a existência e conformação de um caráter funcionalista ao sistema do capital internacional podemos, assim, contribuir com interlocuções que envolvem a necessidade de uma análise mais abrangente sobre esta problemática em geral.

A partir dos anos 1400 ocorreu uma transformação substancial do modo de produção vigente, quando se observou no continente europeu a transição do feudalismo para o capitalismo, em um período cujo processo foi conhecido por pré-acumulação capitalista, como definiu Marx:

A assim chamada acumulação primitiva é, portanto, nada mais que o processo histórico de separação entre produtor e meio de produção. Ele aparece como “primitivo” porque constitui a pré-história do capital e do modo de produção que lhe corresponde. A estrutura econômica da sociedade capitalista proveio da estrutura econômica da sociedade feudal. A decomposição desta liberou os elementos daquela. O produtor direto, o trabalhador, somente pôde dispor de sua pessoa depois que deixou de estar vinculado à gleba e de ser servo ou dependente de outra pessoa. Para tornar-se livre vendedor de força de trabalho, que leva sua mercadoria a qualquer lugar onde houver mercado para ela, ele precisava ainda ter escapado do

domínio das corporações, de seus regulamentos para aprendizes e oficiais e das prescrições restritivas do trabalho. Assim, o movimento histórico, que transforma os produtores em trabalhadores assalariados, aparece, por um lado, como sua libertação da servidão e da coação corporativa; e esse aspecto é o único que existe para nossos escribas burgueses da História. Por outro lado, porém, esses recém-libertados só se tornam vendedores de si mesmos depois que todos os seus meios de produção e todas as garantias de sua existência, oferecidas pelas velhas instituições feudais, lhes foram roubados. E a história dessa sua expropriação está inscrita nos anais da humanidade com traços de sangue e fogo (MARX, 1985, p. 340-341).

Nesse período a produção artesanal gradativamente começa a ser suplantada e dá lugar à manufatura. Nessa nova fase organizacional, intencional ou casualmente, Portugal desloca esforços na pretensão de ampliar o comércio com as demais nações, dando início ao processo colonizador do território brasileiro. Ao tomar posse do novo território, a coroa portuguesa organizou sua divisão em 14 capitanias que, posteriormente, foram desmembradas em sesmarias de caráter hereditário. Isso deu início à produção e à extração de bens agrícolas visando exportação ao comércio europeu, inaugurando um modelo de desenvolvimento que perdurou por quase quatro séculos.

A partir da extração do Pau-Brasil se desenvolveram diferentes sistemas produtivos tendo por base o charque, borracha, minérios, cana-de-açúcar, cacau, café, dentre outros. Essa produção acontecia em grandes extensões territoriais estabelecidas pela monocultura, sendo o produtor — o ser escravizado — também uma mercadoria passível de compra e venda intermediada por aqueles que se propunham a constituir essa dinâmica produtiva, ou seja, a lógica dos ciclos, como o exposto por Gorender (2010, p. 16):

Aqui, a categoria central se tornou, desde logo, a do comércio exterior, identificando-se a história econômica do Brasil-colônia e do Brasil-império com a história da sua exportação, condensada e periodizada segundo certos produtos dominantes. Cada período de dominação de um produto de exportação foi considerado um ciclo e, assim, toda a série histórica resultou articulada pela *teoria dos ciclos*. Daí a conhecida periodização pelos ciclos do pau-brasil, açúcar, ouro, algodão e café.

No ano de 1888, com a abolição da escravidão, reforçada principalmente por pressão da Inglaterra, palco da Revolução Industrial ocorrida ao final dos anos 1700 e meados dos anos 1800, o Brasil transita do padrão do escravismo colonial para um novo modelo de desenvolvimento embasado na industrialização, também da agricultura.

Esse novo período teve início em meados da década de 1930 e se estendeu até o final da década de 1980, começo dos anos 1990. A partir da forte interferência do capital internacional nas decisões, projetos, programas e planos nacionais de desenvolvimento para a

agricultura (e educação), em que ficou evidente a introdução e a intensificação do uso de máquinas e implementos agrícolas, sementes padronizadas, adubos de síntese industrial e agrotóxicos, representando um pacote tecnológico direcionado ao setor agrícola.

Essa nova modalidade produtiva voltada para o conjunto da agricultura ficou reconhecida como Revolução Verde, um plano aplicado em diferentes países, tendo iniciado no Brasil ao final da década de 1940, como assinalam os autores em seguida:

A essência da “revolução verde”, hoje gerida explicitamente pelo capital financeiro, que controla o pequeno grupo de multinacionais que detém as patentes das sementes e a produção de fertilizantes e agrotóxicos, é mudar o ambiente e implantar as imensas monoculturas, incorporando grandes contingentes energéticos, via “insumos modernos”, produtos do petróleo, todos produzidos pelas multinacionais que, por sua vez, são controladas pelo capital financeiro que, assim, realiza a reprodução do capital em um novo segmento econômico, o agronegócio, ou agricultura industrial (MACHADO; MACHADO FILHO, 2014, p. 54).

Essa sistemática introduz uma intensificação em termos da reposição e extração artificializada de nutrientes do solo, ocasionando distúrbios em torno de sua capacidade produtiva, estabelecendo processos de desertificação, arenização e degradação ecológica que, por sua vez, ampliam a FM, sendo isto que buscamos sustentar.

A introdução dessas novas tecnologias modificou substancialmente a forma como se organiza/realiza o conjunto das práticas produtivas na agricultura constituindo-se naquilo que Moore Jr. (1966) designou como “modernização conservadora”, pelo fato de se estabelecer uma renovação tecnológica substancial mediante a atualização das técnicas, processos e procedimentos, no mesmo tempo em que se conservou a histórica estrutura fundiária brasileira, inclusive, concentrando-a até os dias atuais.

Mais próximo da contemporaneidade, com o advento da biotecnologia, o conjunto dessas questões sofre, ao final da década de 1990, um processo de complexificação que permite a ampliação das condições de superexploração da força de trabalho humana, bem como dos recursos naturais.

Consequentemente, incorremos num cenário de acúmulo de diferentes distúrbios ambientais e no sistemático alargamento de contradições apresentadas na relação ser humano e natureza. Essa “nova revolução verde”, continuidade do processo anterior, é representada pela biologia molecular e pela nanotecnologia que introduz, por exemplo, a possibilidade de utilizar agrotóxicos para controlar plantas espontâneas, sendo a cultura introduzida imune aos seus efeitos. Nesse caso, é frequente observarmos que tanto a semente da espécie cultivada quanto o agrotóxico e os fertilizantes são propriedades de uma mesma empresa de capital

internacional. Inclusive, antes mesmo de seu cultivo, algumas sementes são taxadas em *Royalties*, ou seja, um valor acrescido pela possibilidade de se fazer uso de uma propriedade intelectual patenteada.

Sobre esses aspectos é bastante elucidativo o documentário “O Veneno Está na Mesa”, produzido por Sílvio Tendler em 2011, de onde extraímos um fragmento da exposição oral realizada junto à Comissão de Agricultura e Reforma Agrária do Senado Federal pela Senadora Kátia Abreu (TO), à época Ministra da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Presidente da Confederação Nacional da Agricultura – CNA, ao afirmar categoricamente que: “[...] milhares e milhares de brasileiros que ganham salário mínimo ou que não ganham nada e que, portanto, precisam comer comida com defensivo, sim, porque é a única forma de se fazer o alimento mais barato, infelizmente [...]” (TENDLER, 2011).

Considerando-se a prevalência do latifúndio no Brasil ao longo dos tempos, temos também uma agricultura que, em grande medida, se utiliza de insumos industriais de forma intensiva, respaldada por uma ciência e tecnologia mobilizadas com o intuito de conferir alta produtividade aos processos produtivos estabelecidos nesta sistemática. Interessante notar que os índices de produtividade encontram-se um tanto quanto defasados, tendo sido estabelecidos ainda na década de 1970.

Na contemporaneidade, as grandes extensões territoriais cada vez mais são compreendidas como espaço intocável naquilo que se refere às possibilidades de maior democratização da terra. Isto se demonstra a partir do reconhecimento dos dados referentes ao último censo do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (2012), ao trazer que os imóveis existentes no país com mais de mil hectares representam apenas 1,4% de um conjunto de 5.498.535 propriedades. No entanto, essa pequena percentagem, totalizando 81.331 propriedades, detém 52,8% das áreas agricultáveis existentes. É grande a concentração de terras existente e a tendência é que continue a aumentar.

Já, a agricultura realizada em áreas restritas e de menor escala produtiva, no mesmo tempo em que é responsável pela produção de significativa parte dos alimentos para consumo interno, segundo o mesmo censo, em grande medida, compactua com a atual situação, sendo também predominantes os processos produtivos fortemente atrelados à agricultura em sua forma industrial.

A histórica concentração de terras, bem como a impossibilidade de realização de uma revolução agrária em nosso país adquire significativa materialidade por força da edição e promulgação da Lei de Terras (Lei Nº 601, de 18 de setembro de 1850). A referida Lei condiciona a posse da terra à disponibilidade de certa quantia, em termos econômicos, para

que se pudesse adquiri-la. Desta forma, considerando que a referida Lei ainda vigora, entendemos que o reconhecimento desta especificidade auxilia para uma maior e melhor compreensão sobre a realidade do campo brasileiro.

Além disso, cada vez mais predominam tecnologias hegemonicamente direcionadas para a produção nas grandes extensões territoriais, prevalecendo modalidades de ensino e pesquisa universitária mobilizada principalmente às demandas mercadológicas, crescendo o financiamento privado neste intento. Nesse modelo há uma notória submissão de órgãos estatais às demandas de empresas transnacionais, bem como a existência de uma expressiva bancada ruralista (assim autodenominada) no congresso nacional que defende e amplia esta lógica.

Basta verificarmos, por exemplo, a quantidade de agrotóxicos liberados e utilizados na agricultura brasileira⁸, como única (e possível) resposta aos desequilíbrios ocasionados pelo modelo posto em curso, que ataca os efeitos, quase nunca as causas daquilo que estão a combater. No tocante aos profissionais de assistência técnica prepondera certo comprometimento com a disseminação do modelo tecnológico vigente, com a imposição cotidiana que se traduz pela necessidade de obtenção de lucro, cada vez mais, em menor tempo.

Esse processo se estabelece pela existência de uma diferenciação básica entre a atividade produtiva agrícola quando comparada ao trabalho da indústria. Dito de outra forma, uma indústria pode produzir diuturnamente, bastando para isso trabalhadores, máquinas, fatores e meios de produção para realizar o trabalho em até três turnos, caso necessário.

Quanto à agricultura, naquilo que se refere à produção animal e/ou vegetal, ainda necessitamos aguardar o tempo necessário para o crescimento e desenvolvimento das diferentes espécies manejadas. Aqui, do mesmo modo que no espaço urbano, o sistema do capital mobiliza o aparato científico para que, a partir do desenvolvimento de diferentes técnicas e tecnologias, possa diminuir cada vez mais o tempo necessário para a devolução dos investimentos realizados nessa modalidade produtiva. Também cresce na agricultura a substituição de seres humanos pela maquinaria, ao mesmo tempo em que são exigidos profissionais cada vez mais qualificados e que atendam às disposições gradativas e intensificadas propiciadas por essa sistemática instaurada no campo brasileiro.

⁸ Conforme notícia veiculada no site G1, no dia 22 de julho 51 novos agrotóxicos foram liberados para uso em território nacional, totalizando 262 pesticidas somente neste ano de 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/07/22/governo-aprova-registro-de-mais-51-agrotoxicos-totalizando-262-no-ano.ghtml>> Acesso em 22/07/2019.

Isso se configura num panorama de difícil resolução quando se pensa em modificar substancialmente a realidade atual. Alternativas como a agroecologia e uma formação crítica de profissionais é uma tarefa árdua, mas necessária, e o ensino de ciências pode colaborar.

As características sobre como a agricultura foi sendo transformada a partir do uso de determinadas tecnologias, com centralidade na utilização de agrotóxicos e adubos industriais, demonstram a grande participação dos cientistas nesse intento. Assim, em grande medida temos como resultado, dentre riscos e benefícios que envolvem a atividade agrícola, um processo onde a C&T é financiada preponderantemente por órgãos de pesquisa públicos, aportando soluções e inovações que contribuem com o viés mercadológico e privado, acelerando ainda mais a FM, mascarando a ideia e a constituição de possibilidades em torno da sustentabilidade ambiental.

Sobre a introdução e intensificação da industrialização na atividade agrícola, Kautsky (1946, p. 46) é bastante esclarecedor quando traz: “Mas o processo da transformação moderna da agricultura atinge uma altura particular quando as conquistas da ciência moderna, a mecânica, a química, a fisiologia vegetal e animal, se transferem das cidades onde foram elaboradas para os campos”.

O capitalismo na agricultura é modo predominante na atualidade e se realiza a partir da exploração intensa dos recursos humanos e dos nutrientes do solo. Sob este último aspecto, no capítulo VIII, tópico “Grande indústria e agricultura”, Marx fala sobre o papel da maquinaria na grande indústria, trazendo, de maneira elucidativa, os efeitos do caráter exploratório realizado tanto na indústria quanto na agricultura, que se traduz enquanto uma falha metabólica entre o homem e a natureza:

E a cada **progresso da agricultura** capitalista não é só um progresso na arte de saquear o trabalhador, mas ao mesmo tempo na **arte de saquear o solo** (...) a produção capitalista só desenvolve a técnica e a combinação do processo de produção social ao minar simultaneamente as fontes de toda a riqueza: a terra e o trabalhador (MARX, 1988, p. 99, *grifo nosso*).

A notar que, ao escrever a obra “O Capital” no início da década de 1860, Marx foi profundamente afetado pelas análises de Liebig que, por sua vez apresentou estudos sobre o metabolismo em torno da nutrição animal e vegetal. Segundo Foster (2005), Marx escreve que “um dos méritos imortais de Liebig [...] é ter desenvolvido, do ponto de vista da ciência natural, o lado negativo, isto é, destrutivo, da agricultura moderna” (FOSTER, 2005, p. 218). O arcabouço teórico de Marx, relacionado à FM, teve como principal base os estudos desse cientista que elaborou diferentes teorias relacionadas à nutrição de plantas e animais, sobre o

esgotamento dos minerais, a escassez dos fertilizantes naturais do solo, as trocas energéticas e a interação dos diversos organismos com o ambiente.

Se Liebig ofereceu concepções e entendimentos ligados exclusivamente ao metabolismo natural, Marx teve o papel de incorporar o termo metabolismo à sociedade humana de forma a ocasionar uma nova interpretação sociológica a partir da crescente industrialização e suas consequências na agricultura. Introduziu ao metabolismo natural um caráter social no qual, pela mão humana, se organizam e se desenvolvem sistemas produtivos que hegemonicamente desregulam mais profundamente os sistemas ecológicos.

Como o processo relativo à criação de nossas existências depende diretamente dos recursos naturais, das trocas energéticas e metabólicas advindas do meio, torna-se necessário ampliar a compreensão dos distúrbios que ocorrem mediante a produção e reprodução da vida, junto da base ou fonte material de onde necessitamos buscar determinados insumos vitais — o solo.

Portanto, a agricultura no sistema capitalista, apoiada pela ciência e tecnologia, busca permanentemente a recombinação dos fatores e meios de produção procurando dar sustentação às necessidades do “sociometabolismo incontrolável do capital”. Assim, as contradições frente aos processos de exploração do trabalho humano e dos recursos naturais têm se perpetuado e até se ampliado no tempo.

István Mészáros em sua obra “Para Além do Capital” discorre sobre esta ordem sociometabólica incontrolável do capital, argumentando que o atual modelo econômico fortalece um princípio totalizante sob o qual todos necessitam se ajustar de forma irrecusável e irresistível mediante um processo que:

[...] sujeita cegamente aos mesmos imperativos a questão da saúde e a do comércio, a educação e a agricultura, a arte e a indústria manufatureira, que implacavelmente sobrepõe a tudo seu próprio critério de viabilidade, desde as menores unidades de seu “microcosmo” até as mais gigantescas empresas transnacionais, desde as mais íntimas relações pessoais aos mais complexos processos de tomada de decisão dos vastos monopólios industriais, sempre a favor dos fortes e contra os fracos (MÉSZÁROS, 2002, p. 96).

Dessa forma, longe de representar um viés democrático respaldado pelo discurso da economia de livre mercado, o modo de produção vigente impõe sua função totalizadora de produção em qualquer tempo e espaço, tornando-se um sistema dinâmico direcionado ao alcance de suas finalidades, quer seja a produção e o consumo de mercadorias.

Porém, isso não está isento de contradições que afetam os próprios capitalistas, como descreve o mesmo autor, reforçando esse caráter de incontrolabilidade frente ao processo em

curso:

Contudo, o preço a ser pago por este incomensurável dinamismo totalizador é, paradoxalmente, *a perda de controle* sobre os processos de tomada de decisão. Isto não se aplica apenas aos trabalhadores, em cujo caso a perda de controle – seja no emprego remunerado ou fora dele – é bastante óbvia (ainda que *The Economist*, que vê o mundo como se fosse um conto de fadas, possa caracterizar esta desagradável situação como “livre opção econômica”), mas até aos capitalistas mais ricos, pois, não importa quantas ações controladoras eles possuam na companhia ou nas companhias de que legalmente são donos como indivíduos particulares, seu poder de controle no conjunto do sistema de capital é absolutamente insignificante. Eles têm de obedecer aos imperativos objetivos de todo sistema, exatamente como os outros, ou sofrer as consequências e perder o negócio (MÉSZÁROS, p. 97-98).

O capital necessita colocar em movimento todos os recursos materiais e imateriais para seu funcionamento com a finalidade primeira de poder garantir sua reprodução. Desta forma, a partir de condições específicas se permite a realização de um sistema econômico que necessita materializar a exploração de recursos sociais e naturais, amplificando assim, o processo concernente à FM. Esta configuração guarda correspondência em torno daquilo que anteriormente foi designado por Mézáros, como sendo uma “forma irrefreável de controle sociometabólico”.

Assim, a industrialização e seu respectivo aparato tecnológico exacerba a visão antropocêntrica sobre a natureza, na qual a ciência é tida como neutra e ausente de valores, em que o conhecimento científico é imune e alheio a reinterpretações.

O controle da natureza tal como apontado acima se inicia com o desenvolvimento da agricultura mais intensa, momento que pode ser compreendido como um dos principais acontecimentos da história da humanidade em termos de possibilidades criativas. Mas também é um feito (negativo) à humanidade quando estritamente associado ao valor de troca e suas inexoráveis e crescentes incongruências, próprias de um sistema em que há a superexploração dos recursos naturais pela atividade econômica que ocasiona a insustentabilidade ambiental, cujo mascaramento, de modo a manter esse mesmo sistema, traz o mote do desenvolvimento sustentável numa clara intenção de “dourar a pílula” do capitalismo em meio à crise ambiental por ele causada.

As modificações e inovações realizadas na agricultura são muitas. Reconhecemos ao longo da história inúmeros avanços e benefícios que facilitaram o trabalho humano e ampliaram a capacidade produtiva, como por exemplo, produzir mais em menor tempo. No entanto, este conjunto de aperfeiçoamentos não se materializa sem riscos. A intensificação da

mecanização agrícola, o aparato da nanotecnologia, os organismos geneticamente modificados, entre outros, têm alterado os ciclos químicos, físicos e biológicos dos solos, intensificando sobremaneira a exploração de seus nutrientes, fazendo com que a FM se intensifique. Isso tudo mantém a continuidade do processo de dependência de insumos externos e a dificuldade de reposição desses nutrientes quando do cultivo das diferentes produções agrícolas. Enfim, é no capitalismo, com o respectivo desenvolvimento da agricultura industrial, que a FM se acentua em proporções antes não comparáveis.

A agroecologia como uma alternativa à agricultura tradicional e industrial incorpora o ideal de sustentabilidade ao tencionar abarcar, para além das técnicas, tecnologias e manejos, uma reestruturação social que dê conta de minimizar a exploração dos recursos humanos e ambientais. Inclusive, ao longo do tempo, logra intensificar esforços no sentido de nos fazer compreender que a humanidade somente se desenvolverá, em sua plenitude, em outra forma social que não a do capital. Esses são aspectos que discutiremos a seguir, pois, ao defendermos que o conceito de FM reivindica problematizar diferentes temas ligados à educação ambiental, poderá auxiliar na abordagem envolvendo o tema da sustentabilidade em cursos de agroecologia e no ensino de ciências (preponderantemente da Natureza).

Facilita, ainda, no estabelecimento das diferentes relações com aspectos tecnológicos (naturais e humanos) nos processos de trabalho, além de permitir explorar a condição de interdependência entre os fenômenos ligados às ciências naturais e formas de se compreender o funcionamento da unidade básica da vida, as propriedades dos alimentos e o funcionamento dos agroecossistemas. Portanto, carrega um duplo viés crítico: ao mesmo tempo em que questiona o conservadorismo científico e tecnológico vigente — particularmente em relação aos insumos agrícolas —, interroga propostas progressistas que buscam afirmar, categoricamente, o alcance da sustentabilidade tendo como base os modelos alternativos de agricultura.

2.2 A QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE

Atualmente, debater aspectos ligados à sustentabilidade e aos processos produtivos ecológicos tem sido um ato corriqueiro em distintos meios sociais e acadêmicos. Um exemplo bem ilustrativo está nos meios de comunicação que abordam a temática, ora de forma catastrófica e alarmista, ora de forma simplista, propagando que a solução estaria no campo da tomada de consciência e decisão individualizada dos sujeitos.

Por vezes, essa banalização do discurso pode, inclusive, desembocar em

conformismos, considerando que os problemas ambientais estão dados e seriam irremediáveis, ou seja, uma consequência natural do progresso. Nesse sentido, mesmo que a discussão envolva uma gama de setores e conte com o engajamento de diversos atores, a sensação é de que não passa de retórica, que é preciso uma análise mais profunda e abrangente sobre esse importante tema da sustentabilidade e da sua relação com a formação agroecológica.

Loureiro em sua obra “Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política” adota uma perspectiva crítica ao questionar o emprego do termo sustentabilidade, sendo que, a priori, “é um conceito oriundo das ciências biológicas e se refere à capacidade de suporte de um ecossistema, permitindo sua reprodução ou permanência no tempo” (LOUREIRO, 2012, p. 56).

Ao transpor esse conceito para o campo social, nos deparamos com relações e limitações de maior complexidade, ampliando as dificuldades em estabelecer um sistema que possa ser considerado efetivamente sustentável. Responder às necessidades da vida por critérios de sustentabilidade significaria dar conta de múltiplas dimensões como as de subsistência, proteção, afeto, criação, produção, reprodução biológica, participação na vida social, identidade e liberdade, o que representa um grande desafio diante de uma sociedade que se orienta pelos interesses de mercado em detrimento dos demais (LOUREIRO, 2012, p. 57).

O autor evidencia, ainda, que há uma apropriação do conceito de sustentabilidade por diversos setores e grupos que têm interesses conflituosos e muitas vezes antagônicos, o que faz com que se tornem divergentes nas propostas de ação. No caso das estratégias hegemônicas do poder econômico, a ideia-força que se estabeleceu está fortemente atrelada à compreensão de que, com finalidade de se tratar dessa questão, seria preciso adotar um plano de desenvolvimento sustentável, consubstanciado no discurso oficial da Organização das Nações Unidas - ONU, o qual tem sido amplamente difundido atualmente. Isso remete a uma dificuldade bastante explícita e, como afirma o autor, se filia a uma forma liberal de pensamento.

Nesse sentido, a ideia de desenvolvimento é empregada como: a) sinônimo de crescimento econômico e produção de mercadorias, de consumo em massa; b) processo uniforme de passagem das sociedades tradicionais para as modernas-industriais; c) adoção do modelo capitalista como única opção (LOUREIRO, 2012, p. 59).

Esse modo reducionista de tratamento relacionado ao entendimento sobre desenvolvimento sustentável tem sido combatido, principalmente por setores progressistas

que experimentam uma insatisfação generalizada com o atual estado das coisas. De modo geral, esses ideários estavam amparados na noção de progresso. Entretanto, o autor chama a atenção para a historicidade dessas formulações, que não podem ser simplificadas em uma forma única de ação e pensamento, salientando que não basta apenas a negação dessa perspectiva para que ela seja superada:

Chamo a atenção para a necessidade de fazer essa contextualização histórica e para a importância de se entender o que leva certas visões de mundo e paradigmas se tornarem dominantes em relação a outros que coexistem no mesmo período. Esse exercício intelectual evita um esquematismo discursivo corriqueiro, o de que basta trocar um paradigma cartesiano e antropocêntrico por um novo paradigma (o ecológico), e o problema se resolve. Aqui fica parecendo que o determinante está na forma de pensar e que esta é unívoca em cada fase. Ora, todo período histórico é dinâmico e contraditório em sua concretude. Entre os séculos XV e XXI inúmeras visões de mundo foram constituídas e modificadas e, dentre estas, o denominado paradigma cartesiano se tornou dominante exatamente por sua funcionalidade ao capitalismo, sem, com isso, ser sinônimo de aceitação e validade universal. Logo, a construção de um novo paradigma hegemônico não se esgota em mudança na forma de pensar, é parte de um projeto político a ser concretizado por agentes sociais em suas práticas (LOUREIRO, 2012, p. 60).

Com esse cuidado, considerando o movimento intrínseco nas relações sociais e o modo como os discursos vão sendo produzidos e legitimados, Loureiro apresenta e defende a importância de uma postura dialética de análise sob a adoção conceitual menos simplificadora da realidade a partir de outra formulação, a de sociedades sustentáveis. Em sua argumentação, o autor salienta que essa proposta se identifica com movimentos emancipatórios, revelando-se mais democrática “à medida que possibilita a cada sociedade definir seu modo de produção, bem como o de bem-estar a partir de sua cultura e de seu ambiente natural (por isso, é posto no plural)” (LOUREIRO, 2012, p. 63).

Além disso, a utilização desse termo não daria margem a tantas interpretações contraditórias e evitaria a visão de sustentabilidade como crescimento econômico de livre mercado que usualmente ocorre no discurso do desenvolvimento sustentável e nas campanhas midiáticas de muitas empresas. Nesse sentido, as sociedades sustentáveis:

[...] referem-se à negação da possibilidade de existir um único modelo ideal de felicidade e bem-estar a ser alcançado por meio do desenvolvimento (claramente entendido por seus adeptos como algo linear, evolucionista e universal). Nesta perspectiva, há necessidade de se pensar em várias vias e organizações sociais, constituindo legítimas formações socioeconômicas firmadas sobre modos particulares, econômicos e culturais, de relações com os ecossistemas existentes na biosfera. Tem como premissa a diversidade

biológica, cultural e social e a negação de qualquer homogeneização imposta pelo mercado capitalista ou pela industrialização. Assim, a sustentabilidade é algo que depende da multiplicidade de manifestações culturais e autonomia dos povos na definição de seus caminhos e escolhas, em relações integradas às características de cada ecossistema e território em que se vive (LOUREIRO, 2012, p. 63).

Outra constatação é de que essa discussão parece não estar bem assentada ou consolidada, mesmo no ambiente escolar (em sentido amplo do termo) e nas proposições relacionadas ao campo da Educação Ambiental. Já Compiani ao tratar das diferentes questões que envolvem a EA ressalta o seguinte: “Entre visões ingênuas e utópicas de educação ambiental, tanto nas formuladas políticas nacionais quanto nas práticas de educação ambiental, pode-se notar um lento movimento para transformações” (COMPIANI, 2017, p. 559).

Além disso, mesmo que se tenha produzido muito sobre essa perspectiva que problematiza propostas de formação e análise de experiências/práticas ambientais dentro e fora da escola, ainda há uma “diversidade de nomenclaturas” como é destacado em seguida:

Re-nomear completamente o vocábulo composto pelo *substantivo Educação* e *adjetivo Ambiental* (como por exemplo, com a Ecopedagogia) ou designar uma outra qualidade nele, mesmo que para enfatizar uma característica já presente, embora ainda pouco expressiva entre os educadores ambientais (como por exemplo, a Educação Ambiental Crítica, que evidencia os vínculos existentes entre a Teoria Crítica e a Educação Ambiental), pode significar dois movimentos simultâneos mas distintos: um refinamento conceitual fruto do amadurecimento teórico do campo, mas também o estabelecimento de fronteiras identitárias internas distinguindo e segmentando diversas vertentes (cujas fronteiras não necessariamente seja bem demarcadas), não mais exclusivamente externas ao campo da Educação que não é ambiental (LAYRARGUES, 2004, p. 8).

Nesse sentido, em várias áreas de formação, como a da agroecologia, há espaços para a discussão de modo a melhorar essa compreensão e para trabalhar melhor a articulação entre educação e sustentabilidade.

Além disso, o termo sustentabilidade é polissêmico e envolve várias dimensões — social, econômica, ambiental, ética, etc. Tem se discutido e produzido muito, principalmente nos atuais tempos de crise ambiental de dimensões planetárias, sobre os riscos quanto ao futuro do planeta (NASCIMENTO, 2012) e, portanto, sobre a necessidade de tornar o desenvolvimento mais sustentável.

Freitas e Marques (2017) desenvolveram um estudo sobre a abordagem de temas socioambientais envolvendo sustentabilidade e a perspectiva CTS em trabalhos acadêmicos,

particularmente em teses e dissertações da área de ensino, no contexto da Educação em Ciências/Educação Científica e Tecnológica, no período de 2005 a 2015. A triagem apontou um universo de 247 trabalhos, com 127 mais propriamente na área de ensino. Destes, apenas 27 registraram os descritores sustentabilidade e sustentáveis. Considerando a relevância e a complexidade dessa discussão, os autores ressaltaram a necessidade de que tais questões sejam abordadas no espaço educacional:

Portanto as discussões sobre sustentabilidade não podem escapar ao campo educacional, notadamente sob a perspectiva do enfoque CTS, posto que tal enfoque pressupõe tratamento crítico dos conteúdos de ensino na sua multiplicidade de referências. As abordagens das relações CTS, com o tema da sustentabilidade, precisam revelar as ausências de comprometimento com o ambiente natural ante os pressupostos que direcionam o desenvolvimento para a valorização da dimensão econômica em detrimento das demais dimensões do processo (FREITAS; MARQUES, 2017, p. 231).

Reforçamos tais indicações porque o resultado desse levantamento, segundo nosso entendimento, aponta para um número bastante modesto ao considerarmos a relevância do tema na contemporaneidade, o que reforça a necessidade e a importância do nosso estudo.

Nesse mesmo trabalho, Freitas e Marques (2017) problematizam o emprego do termo sustentabilidade, identificando compreensões diversas e muitas vezes conflitantes, caracterizando-o, portanto, como um conceito de múltiplos significados. Os autores observam que essas diferenças podem ser interpretadas a partir da área do conhecimento das quais são originárias. Assim, concepções advindas do campo da ecologia estariam relacionadas aos processos de recuperação e reprodução dos ecossistemas e, por sua vez, aquelas advindas da esfera econômica estariam ligadas a uma ideia de desenvolvimento sustentável.

Nessa direção, os autores alertam sobre a necessidade de diferenciação entre os sentidos que permeiam as ideias de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável que, corriqueiramente, têm sido tomados como sinônimos.

Além disso, para uma melhor compreensão de como essas formulações foram se constituindo no contexto histórico, citam importantes obras como as de Charles Darwin (ainda no final do século XVIII), assim como alguns eventos que colocaram em evidência a preocupação com os limites dos recursos naturais. (FREITAS; MARQUES, 2017, p. 224)

Assinalam que o conceito de desenvolvimento sustentável tomou corpo com a publicação do Relatório Brundtland, com o título *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum). Segundo os mesmos autores:

Nesse documento, o conceito de Desenvolvimento Sustentável representa

uma tentativa de passar a ideia de impulsionar o desenvolvimento de tecnologias, chamadas de mais limpas, e individualizar as responsabilidades sociais sobre os danos ambientais, salvaguardando os processos econômicos e industriais. Mas tudo isso não esconde sua contradição interna, semeando uma ideia de equilíbrio entre desenvolvimento/crescimento econômico e proteção ambiental. Ora, é evidente que a perspectiva de crescimento ilimitado sobre uma base de recursos (planeta Terra) limitada é inconciliável (FREITAS; MARQUES, 2017, p. 224).

Já Angotti e Auth (2001, p. 17) assinalam a realização da reunião Rio 92 na consolidação da ideia de desenvolvimento sustentável e que, segundo eles, “[...] aparentemente solucionadora dos problemas ambientais, foi mais uma das tentativas que resultaram pouco significativas para enfrentar os problemas reais”.

Notamos, no desenrolar dessa formulação, o caráter contraditório assinalado pelos autores em torno da ideia de desenvolvimento sustentável, uma vez que os recursos naturais são limitados, sendo que tal concepção se encontra imbricada na noção de crescimento econômico. Dessa forma, o que têm prevalecido são as demandas dos setores produtivos para a expansão do modo capitalista que aciona a utilização de recursos naturais, embora algumas iniciativas procurem apresentar formas para a redução dos impactos ambientais.

Por outro lado, a concepção de sustentabilidade também apresenta limitações, uma vez que, na maioria das vezes, tem sua utilização restrita à dimensão ambiental em detrimento das demais dimensões (FREITAS; MARQUES, 2017, p. 228).

Essa condição requer o amplo discernimento do funcionamento das leis naturais (como é o caso da Lei da Entropia), sem negligenciar outros campos do conhecimento acumulado.

Nesse sentido, a área das Ciências Naturais não pode ser concebida unicamente a partir de bases funcionalistas e antropocêntricas, orientadoras da dilapidação desenfreada dos recursos naturais existentes, em muitas das vezes, de forma bastante inconsequente. As ciências da natureza, assim como as demais, cada uma com suas particularidades contribuem para com o desenvolvimento de interpretações em vista de lograr ações mais conscientes sobre o amplo funcionamento da vida.

Dessa maneira, concordamos com Freitas e Marques (2001) que assinalam o fato de que, para a grande maioria da população, a complexidade da questão da sustentabilidade não é evidente. Na maioria das vezes o que há é um discurso dissimulado de setores que utilizam algumas práticas consideradas corretas, aparentando serem suficientes, como por exemplo, a realização de campanhas de racionamento.

Por essas razões, entendemos que o aprofundamento do tema na perspectiva de uma visão mais ampliada é papel fundamental do ensino, buscando ações e interações reflexivas e

consubstanciadas em valores coerentes com princípios socioambientais éticos e justos.

No caso da agricultura, como situamos anteriormente, o uso de determinadas tecnologias induz para uma maior divisão social e técnica do trabalho e a intensificação da exploração, também da natureza. Recolocamos isso para reforçar os fortes laços entre a ciência e as ações predatórias ao meio ambiente. Esse processo se renova permanentemente, proporcionando melhores condições técnicas que dão concretude às necessidades do capital para explorar a natureza (e também os seres humanos), que intensificam a FM e o grau de insustentabilidade à vida humana e do planeta como um todo.

A exploração, tanto das pessoas quanto do solo, experimenta uma ascensão a partir da instalação do modelo industrial, o qual desconsidera os limites ambientais e sociais. Isso também ocorre no campo. A agricultura depende cada vez mais de tecnologias e insumos advindos da indústria, sendo que grande parte da produção realizada não disponibiliza o retorno de nutrientes ao solo, o que impacta drasticamente sua capacidade de constituição da fertilidade, tão cara aos processos que visam constituir sustentabilidade no seu sentido mais amplo, como atesta Machado ao discorrer sobre a fertilidade do solo:

A economia agrícola convencional justifica o uso permanente de fertilizantes e agrotóxicos nas culturas, com a chamada lei da fertilidade decrescente, segunda a qual as colheitas exaurem, sucessivamente, a fertilidade do solo, produzindo uma queda, também sucessiva, em sua produtividade. Para reparar essas perdas incorporam-se fertilizantes, para repor os nutrientes extraídos pelas colheitas.

Este é o paradigma da química agrícola convencional, ensinada, pesquisada e divulgada em todo o mundo. Este paradigma consumista tem sido amplamente pesquisado desde que Liebig, há 150 anos, enunciou princípios segundo os quais as plantas se nutrem de substâncias mineralizadas, inclusive produto de síntese química.

Isso despertou o interesse de indústrias que têm financiado uma enorme massa de pesquisa, cujos resultados as escolas de agronomia repassam aos estudantes, com todos rótulos da ciência formal. Assim, a pesquisa privada e também a maior parte da oficial, tem desenvolvido toda uma conduta tecnológica, baseada na suposta imprescindibilidade do uso permanente de fertilizantes sintéticos solúveis (MACHADO, 2004, p. 100-101).

As considerações presentes no fragmento acima reforçam o que viemos apontando até agora, ainda que o autor não tenha mencionado a FM, delimitando a extração de nutrientes pelas plantas numa sistemática onde as substâncias minerais fornecidas pelo solo constituem o mecanismo de metabolismo essencial de agregação de valor nutricional ao alimento produzido de que necessitamos.

Se a propriedade da terra (um bem comum) passa ao privado, conseqüentemente o produto da terra que contém diferentes nutrientes na forma de um vegetal, por exemplo,

incorpora duplamente um valor de uso que se transforma em valor de troca por força de um sistema econômico.

Além disso, assertivamente registra o papel importante da indústria de fertilizantes e agrotóxicos na sustentação e manutenção do modelo convencional de agricultura, ressaltando, ainda, a presença forte desse viés na formação profissional e na pesquisa.

Compreender as transformações que operamos no ambiente, seja como indivíduos, seja como profissionais ligados à agricultura, requer o esforço de análise do passado, de apreensão do presente e olhar cuidadoso para com o futuro, pois intervir na natureza sempre traz consequências, na maioria das vezes, irreversíveis.

Sobre essas questões nos valemos do exemplo adotado por Machado, que indica o fato de as plantas espontâneas normalmente serem descritas como ervas daninhas, mas que, ao contrário disso, servem como indicadoras:

O conhecimento e a compreensão das funções das plantas, indicadoras ou não, é apenas uma parte do indispensável “diálogo” com a natureza. Trata-se de uma conduta correta da qual o humano pode obter muitas informações que lhes serão necessárias para entender os aparentemente insondáveis segredos da natureza. “Fale com ela” e verá quantas respostas terá e quantos problemas podem ser solucionados (MACHADO, 2004, p. 52).

E prossegue, dizendo que:

Os fatos não ocorrem por acaso na natureza. Sempre há, para um efeito, uma causa. Esta é a forma dialética de se “ler” a natureza, pois é a partir do permanente diálogo com a natureza que se pode desvendar os seus mistérios e, em harmonia com ela, alcançar-se os melhores benefícios duradouros para a sua maior criação, que é a espécie humana (MACHADO, 2004, p. 52).

O ideal de sustentabilidade na atual forma em que a sociedade está estruturada é irrealizável, além de que a concepção de desenvolvimento não contempla todos os grupos sociais. O próprio conceito é vago, elástico e flexível. Como apontado anteriormente, o estudo de Freitas e Marques em torno da ideia de sustentabilidade corresponde à necessidade de que possamos avançar na constituição de análises mais integrativas em torno deste conceito, ao afirmarem que:

[...] compreendemos que o termo sustentabilidade deva ser visto como expressão de um conceito integrativo, complexo, uma espécie de conceito “guarda-chuva”. E, na condição literal de um guarda-chuva, as varetas organizam sua estrutura e expressam suas várias dimensões (social, econômica, ambiental, entre outras), que, embora distintas, possuem relações

de interdependência (2017, p. 225).

Convém lembrar o conhecido relatório Brundtland de 1987, que traz para o discurso público o conceito de desenvolvimento sustentável, apontando-o como sendo “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Para nós, o fato é que oportuna e transformisticamente o conceito de sustentabilidade foi apropriado pelo sistema econômico (e seu braço político) como sinônimo de desenvolvimento sustentável, mascarando um processo que é, pela segunda lei da termodinâmica, insustentável.

Como salienta Georgescu-Roegen (2012, p. 62) “[...] o processo econômico, do ponto de vista puramente físico, não faz mais do que transformar recursos naturais de valor (baixa entropia) em resíduos (alta entropia)”. Portanto, a produção econômica é, na sua essência, uma transformação entrópica. É uma lei inexorável da economia, ainda que negada constantemente em sua forma hegemônica.

O conceito de desenvolvimento sustentável traz, portanto, uma insanável contradição, pois, ao defender o desenvolvimento da economia, almeja um equilíbrio com o meio ambiente, portanto, entre ser humano e natureza. Porém, não encontramos sinais de resolução desta “falha”, no sentido de minimizá-la na materialidade das ações cotidianas.

Em grande medida, o que se observa são processos articulados à crescente extração de mais-valia social e dos nutrientes do solo, numa clara sobrevida ao modo de produção dentro do sistema capitalista e de seu aparato científico-tecnológico. Em outras palavras, a utilização da ciência, em geral, tem sido tomada em benefício do funcionamento desse sistema, na geração de mercadorias que revertem em novo valor de troca para a consequente obtenção de lucros, em detrimento da vida.

Ao considerarmos a dinamicidade da história, que se desenvolve a partir de múltiplas determinações, é apropriado apreciarmos que o conhecimento científico pode subsidiar perspectivas diferentes no que diz respeito à produção agrícola. E, nesse sentido, trazemos alguns desdobramentos que fortaleceram o surgimento de um movimento de contraposição produtiva objetivado pela instituição de diferentes correntes alternativas em agricultura, até chegarmos à agroecologia.

2.3 A PROPOSTA TEÓRICO-PRÁTICA DA AGROECOLOGIA E SEU PAPEL QUESTIONADOR FRENTE À EXPLORAÇÃO ILIMITADA DOS RECURSOS NATURAIS E SOCIAIS

O termo agroecologia aparece como conceito no ano de 1928. Foi criado pelo agrônomo russo Basil Bensin (WEZEL, 2009), tencionando proporcionar um aprofundamento quanto ao estudo das relações ecológicas que acontecem na agricultura, incluindo o componente humano.

Dessa forma, entendemos como bastante importantes os estudos anteriores de Ernst Haeckel, que, em sua obra “Morfologia Geral dos Organismos” (1866), sugere a criação de uma nova disciplina científica chamada Ecologia, ligada ao campo da História Natural, hoje Biologia, pelo fato de que esta última tratava isoladamente os organismos e seres. Isso se dava, principalmente, devido à carência de semelhança morfológica entre os representantes do reino mineral, vegetal e animal, mesmo apresentando proximidades quanto ao aspecto ecológico, respectivamente relacionados aos seus modos e lugares de vida. A ecologia surge como um modo de se estudar as relações entre o conjunto das espécies e o ambiente em que vivem, considerando os aspectos de sua distribuição, inter-relação e de existência no planeta, portanto, em conexão constante. Entretanto, nesse estudo, sentimos falta do componente humano como mediador - e principal provocador - de alterações substanciais junto aos ecossistemas, algo que o estudo da agroecologia se propõe incluir e considerar com maior profundidade.

Assim, o conjunto das teorias mobilizadas procura estabelecer maior vínculo entre natureza e ser humano em vista da manutenção e incremento da fertilidade natural dos solos, entendido nesses pressupostos como um sistema, desenvolvendo diferentes formas de criticar as adversidades já sentidas em torno das atividades exploratórias na agricultura.

Como consequência desse processo é que surgem as diferentes correntes de agricultura, com a finalidade de estabelecer compreensões que intensificassem esse vínculo estrutural frente a crescente utilização de insumos industriais que exaurem a fertilidade natural dos solos, dificultando sobremaneira sua capacidade de autoregulação junto aos agroecossistemas.

As distintas vertentes designadas como Agricultura Biodinâmica, Orgânica, Biológica, Natural, Permacultura, entre outras variantes, começam a aparecer a partir dos anos 1920 até meados da década de 70 e se traduzem por características específicas, guardando nuances geográficas, culturais, de manejo específico, utilização de técnicas e tecnologias, dentre outras, bastante singulares.

No entanto, o conjunto dessas correntes converge no sentido de buscar estabelecer princípios gerais em relação à busca de uma maior sustentabilidade nos sistemas manejados

na produção agrícola. De fato, o conjunto dessas proposições chamadas agriculturas alternativas e construídas ao longo do tempo estabelece um repensar sobre o modelo produtivo, buscando interferir na forma hegemônica como temos feito agricultura ao longo dos tempos, buscando, principalmente, relacionar o estudo dos solos com os diferentes ciclos biogeoquímicos, de modo a estabelecer afinidades mais abrangentes entre o ser humano e a natureza.

Assim, ao final dos anos de 1970, a agroecologia ressurgiu com bastante força numa clara intenção de reunificar a ecologia à agronomia, distanciada e alheia que estava esta última das questões ambientais ao longo do último século, principalmente pelo advento e disseminação dos pacotes tecnológicos orientados pelo modelo convencional de produção à base de petróleo, da mecanização agrícola e demais insumos, como sementes padronizadas, adubos industriais e agrotóxicos.

A agroecologia tenciona dialogar com diferentes áreas do conhecimento, procurando estudar a casa comum onde vivem e se inter-relacionam os conjuntos de seres — da natureza e da sociedade humana — com o propósito de estabelecer processos que constituam maior perenidade produtiva das atividades desenvolvidas, observada nos aspectos econômicos, sociais e ambientais.

O termo agroecologia suscita diversas interpretações e significados que, inclusive, apresentam antagonismos. Segundo Gliessman (2001), a agroecologia é tida como “a aplicação dos princípios e conceitos da ecologia ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis”. Para Altieri (1989) é “uma ciência emergente que estuda os agroecossistemas integrando conhecimentos de agronomia, ecologia, economia e sociologia”. Para Guzmán (2002) ela não alcançaria o “status” de uma ciência, pois “incorpora o conhecimento tradicional que por definição não é científico”.

Esses e outros pesquisadores procuram conceituá-la de modo a abarcar um conjunto de conhecimentos, ações práticas e situações que podem ser mais ou menos contempladas por meio de diferentes manejos agrícolas, comportamentos e visões de mundo, técnicas consideradas adequadas a determinados processos produtivos, ou seja, tudo aquilo que possa interferir sobremaneira no modo como se atua em determinado agroecossistema.

Deparamo-nos, dessa forma, com a limitação na definição da agroecologia, justamente pela heterogeneidade de teorias e práticas que a constituem e, conseqüentemente, podemos constatar que sua significação não é consenso e, talvez, nem pretenda ser, dada a diversidade de características sociais, culturais, econômicas, ambientais e políticas existentes

que, em seu conjunto, apresentam interferências que conduzem a arranjos bastante específicos em cada materialidade.

Por isso, do mesmo modo que Loureiro (2012) traz a ideia de “sociedades sustentáveis”, poderíamos tratar essas formas de contraposição ao modelo hegemônico como “agroecologias” que, por sua vez, remetem às diferentes maneiras de materializar teórica e praticamente as propostas e alternativas mobilizadas, em vista de compreender e modificar as relações de exploração dos recursos naturais que desembocam na ampliação da FM que se reflete em grande parte na agricultura.

As dimensões política e social também têm presença marcante nos processos agroecológicos, uma vez admitidas posições de enfrentamento frente às condições de segregação sofridas ao longo da história, principalmente advindas de grupos que produzem e reproduzem suas existências a partir do trabalho na agricultura, os chamados produtores diretos, constantemente ameaçados pela tecnificação e industrialização da agricultura, preponderantemente a partir da Revolução Industrial em desenvolvimento, até os dias atuais.

Portanto, nenhum campo teórico está alheio ou desarticulado à forma como a organização da sociedade vai se estabelecendo. Por outro lado, essa estrutura social também terá influências e respostas advindas do meio. Assim, o desenvolvimento da agricultura se estabelece fortemente a partir de um aparato científico e tecnológico que, no mesmo tempo em que estrutura as condições para um maior rendimento, estabelece formas para sua realização num menor tempo.

Dessa forma, seguindo esse raciocínio, os estudos de Liebig em “Química Vegetal” (1840) e “Química Animal” (1842) que tratam da nutrição de plantas e animais a partir da necessidade de nutrientes específicos — que, quando ausentes, devem ser repostos num mínimo exigido —, ao mesmo tempo em que podem ser compreendidos como indutores desse tipo de pensamento e prática hegemônica relacionada ao modelo agroquímico da agricultura moderna, também podem ser entendidos como base importante para maior compreensão do funcionamento e das transformações que a agricultura sofria à época (e na atualidade), oriundas do progresso técnico posto em curso, de modo a resolver o desgaste dos solos, em termos de nutrientes.

Marx, ao desenvolver um conceito socializante a partir do metabolismo natural de Liebig antecipa, em 1842, que o modo de produção experimentado a partir da Revolução Industrial ocasionaria um esvaziamento populacional no campo e, conseqüentemente, instituiria uma condição de perda irreversível da fertilidade natural do solo. Além disso, promulga conceitualmente a existência do esgotamento crescente das condições de

sobrevivência nos centros urbanos, em vista do acúmulo dos excrementos oriundos do desenvolvimento industrial e dos processos de urbanização frente o desenvolvimento do modo de produção do capital.

Tanto para Marx, como para Liebig, a incapacidade de devolver ao solo os nutrientes que haviam sido removidos na forma do alimento e das fibras produzia em contrapartida a poluição das cidades e a irracionalidade dos modernos sistemas de esgoto (FOSTER, 2005, p. 229).

No mesmo tempo em que se observa a contestação desse modelo de exaustão intensa e irreversível das propriedades nutritivas do solo, traduzida pela manifestação de distintas propostas de contraposição chamadas agriculturas alternativas, ocorre certa imposição de demandas à ciência e tecnologia para dar suporte e continuidade às contradições oriundas de uma agricultura de base industrial.

Portanto, interceder sobre um ecossistema nos remete a pensar numa passagem da obra de Foster que ressalta:

Marx não acreditava, embora essas visões sejam comumente atribuídas a ele, que a resposta para os problemas do desenvolvimento agrícola estivesse em simplesmente aumentar a escala de produção. Em vez disso, a sua análise lhe ensinou os riscos da agricultura de larga escala, e também que a questão principal era a interação metabólica entre os seres humanos e a terra. Daí a agricultura só pode poder ocorrer em escala relativamente grande onde fossem mantidas as condições de sustentabilidade – algo que ele acreditava ser impossível na agricultura capitalista de larga escala [...] nos seus escritos, Marx e Engels afirmaram consistentemente que os grandes proprietários fundiários eram invariavelmente mais destrutivos na sua relação com a terra do que os agricultores independentes (2005, p. 231 – 232).

Desse modo, podemos compreender que a agricultura industrial de larga escala, mediante o processo de maximização da produção, provoca alterações que acarretam a perda da homeostase, do equilíbrio dinâmico existente nos diferentes ciclos dos sistemas ecológicos. Mas o que comporta um sistema ecológico? Certamente um conjunto amplo de inter-relações, como definido por Primavesi:

Ecológico vem da palavra *oikos* que significa lugar. Portanto, é uma atividade que trabalha em estreita interligação com os sistemas naturais existentes num lugar. Isso inclui o solo, sua vida, estrutura, regime de ar e água, seus equilíbrios minerais, seu declive, inclinação para o sol, as sociedades vegetais que aqui se assentaram e suas sucessões, o clima e até a atividade humana. Ecológico não é uma planta ou um animal que se tenta preservar, mas significa os ciclos e equilíbrios naturais de um lugar, em que o ser humano se pode incluir e até deve se incluir (PRIMAVESI, 1997, p. 130).

Por sua vez, o ecossistema é composto pelos meios biótico e abiótico. O meio abiótico inclui fatores como solo, ar, água, atmosfera e radiação solar, entre outros. Já o meio biótico inclui o conjunto de plantas e animais em suas relações recíprocas junto ao meio abiótico.

O ecossistema é constituído de muitos objetos, forças físicas, químicas e biológicas denominadas biótopo, que se influenciam entre si e as comunidades de seres vivos que os cercam. Por exemplo, a corrente de um rio pode interferir na forma das rochas que existem ao longo do leito. A temperatura, limpidez da água e sua composição química podem influir modificações ao conjunto de plantas e animais, assim como na sua maneira de viver. Seres vivos, assim como os inorgânicos, são influenciados pelos agentes intemperizantes como a chuva, geada, neve, gelo, temperatura (amplitude térmica), evaporação da água, umidade, vento e outros, tidos como elementos que participam do processo de formação e composição dos mais variados tipos de solo existentes.

Todos os organismos precisam de certa quantidade de espaço para que possam viver e levar adiante as relações comunitárias, bastante diversificadas. Dessa maneira, essas relações interferem no nível de organização das funções vitais dos seres vivos em busca do espaço necessário à sua sobrevivência e reprodução, levando, por vezes, ao territorialismo, incluindo seu comportamento através do metabolismo diverso existente. Por essa razão, a qualidade do ambiente determina o número de indivíduos e de espécies que podem viver num mesmo habitat, apresentando relações harmônicas e desarmônicas, intra e interespecíficas.

As relações entre os diversos seres vivos de um ecossistema incluem a competição por espaço, alimento e parceiros para a reprodução, a predação de organismos por outros, a simbiose entre diferentes espécies que cooperam para a sua mútua sobrevivência, o comensalismo, o parasitismo, o canibalismo, e outras.

O que queremos ressaltar é que o conjunto de perturbações ocasionadas no ambiente, principalmente a partir do advento da indústria, inaugura novas formas e possibilidades bastante variadas no sentido de estabelecer a recuperação das perdas e limitações sofridas, apresentando diferentes nuances em acordo com a intensidade, frequência, duração e escala (efeito espacial) das ações mediadas pelo ser humano na natureza.

A agroecologia busca, portanto, considerar essas dimensões a exemplo da interpretação e condução da sistemática dos cultivos e de sucessão vegetal, por sua vez, orientada pela presença da consorciação e policultivos nas áreas de produção agrícola. Busca enaltecer processos mais complexificados que visam garantir maior ciclagem de nutrientes,

estabilidade e diversidade de espécies mobilizadas, bem como fortalecer a atividade dos organismos do solo responsáveis pela constituição de sua fertilidade. No limite, extrapola o espaço das atividades agrícolas, incorporando gradativamente o ambiente mais urbanizado, inclusive, questionando o constante direcionamento populacional aos grandes centros e o esvaziamento do espaço campo, procurando desmistificar os processos hegemônicos que determinam as formas de ocupação socioterritorial existentes.

Desse modo, sobre a importância em conhecermos essas imbricadas relações existentes em cada lugar, aliado ao cuidado para com a terra da qual dependemos para viver, Boff propõe mudanças de compreensão e atitudes, onde:

Cada pessoa precisa descobrir-se como parte do ecossistema local e da comunidade biótica, seja em seu aspecto de natureza, seja em sua dimensão de cultura. Precisa conhecer os irmãos e irmãs que compartilham da mesma atmosfera, da mesma paisagem, do mesmo solo, dos mesmos mananciais, das mesmas fontes de nutrientes; precisa conhecer o tipo de plantas, animais e microorganismos que convivem naquele nicho ecológico comum; precisa conhecer a história daquelas paisagens, visitarem aqueles rios e montanhas, frequentar aquelas cascatas e cavernas; precisa conhecer a história das populações que aí viveram sua saga e construíram seu habitat, como trabalharam a natureza, como a conservaram ou depredaram quem são seus poetas e sábios, pais e mães, fundadores de civilização local (BOFF, 2001, p. 135).

Utilizando-se dessas e de outras tantas discussões que consideram a inter-relação entre os seres, os níveis tróficos, a existência de cadeias alimentares ecossistêmicas na tentativa de estabelecer vínculos mais efetivos entre a ecologia e os processos produtivos na agricultura, diferentes correntes estabelecem a popularização da agroecologia.

Como salientado no início deste capítulo, a agroecologia deriva de uma maior afinidade entre a agronomia e os aspectos ecológicos aqui salientados, além da necessária aproximação deste referencial em relação aos sistemas produtivos. Durante o século XX, pelo fato de a agricultura, de modo geral, ter se orientado mais pelo modelo reducionista da Revolução Verde, obstaculizaram-se procedimentos mais sistêmicos e potencializadores de uma consciência ambiental e utilização do conhecimento da ecologia das populações.

O livro “Primavera Silenciosa”, publicado em 1962 por Rachel Carson (CARSON, 2012), é um importante impulsionador dessa discussão ao delimitar os problemas ambientais e sociais a partir da crescente industrialização da agricultura. A autora é tida como instituidora do pensamento ambientalista pelo fato de lançar os fundamentos e as bases de uma consciência ecológica moderna, cerne de sua obra. Sua denúncia estimulou enfrentamentos importantes à política de pesticidas, ocasionando mudanças em relação ao uso desses

produtos, além do banimento do diclorodifeniltricloroetano – DDT nos EUA. Temos clareza e podemos afirmar que o mundo nunca mais foi o mesmo a partir do reconhecimento de suas ideias, ultrapassando em muito aquele território específico, continuando a estabelecer compreensões que se traduzem como potencial transformação do que está posto por hora no mundo da produção agrícola hegemonicamente protagonizada pelo uso de agrotóxicos. Sua tese é a de que a suposta harmonia dantes estabelecida havia se rompido e que precisávamos atentar para os riscos dessa prática que se estabelecia em muitas regiões do mundo.

A autora utiliza-se do princípio da precaução ao apontar que, aliado à necessidade de produzir alimentos, se poderia e deveria buscar compreender melhor o funcionamento dessas substâncias (CARSON, 2012).

Incontestavelmente, temos nos relacionado com substâncias tóxicas e muito perigosas ao longo da história. Entretanto, nesses últimos tempos que criamos as possibilidades reais de uma contaminação mais ampliada, principalmente a partir da utilização de produtos sintéticos que diferem daqueles inorgânicos usados anteriormente à 2ª Guerra Mundial iniciada em 1939.

Carson (2012) discorre sobre o potencial de esses venenos sintéticos penetrarem mais profundamente nos tecidos celulares humanos e animais, estabelecendo um maior poder desequilibrador das funções vitais dos organismos. Esses venenos que ultrapassam as barreiras intraespecíficas ocasionam alterações entre diferentes espécies ao agirem, respectivamente, nas cadeias alimentares e nos processos enzimáticos.

A autora aborda a questão do solo como sendo formado pela vida em constante evolução, além de dar condições à continuidade dos demais processos vitais históricos. Advoga ao solo uma condição de organismo vivo em constante mudança, mediada pelo intemperismo e a ação humana, ressaltando a importância dos organismos do solo para a constituição de fertilidade e de renovação da vida:

O solo existe em estado de constante mudança, participando de ciclos sem começo nem fim. Novos materiais estão sendo constantemente fornecidos pelas rochas que se desintegram, à medida que a matéria orgânica se deteriora, e a medida que o nitrogênio e outros gases são trazidos dos céus pelas chuvas. Ao mesmo tempo, outros materiais são retirados, tomados em empréstimo pelas criaturas vivas para uso temporário. Mudanças químicas sutis e extremamente importantes ocorrem constantemente, convertendo elementos derivados do ar e da água em formas adequadas ao uso pelas plantas. Em todas essas mudanças, os organismos vivos, são agentes vivos (CARSON, 2012, p. 58).

O conjunto dos seres componentes da micro/mesofauna na maioria das vezes é

negligenciado pelos cientistas e praticamente ignorado quanto ao papel fundamental que desempenha na produção e reprodução da vida. Isso acontece principalmente quando se busca instituir processos de fertilização dos solos mediados pelo uso intensivo de insumos de síntese industrial em termos de reposição dos nutrientes, em detrimento de uma maior consideração dos componentes físicos e biológicos existentes.

Em suma, esses e outros estudos se somam e aperfeiçoam o conceito de agroecossistemas, buscando soluções aos problemas energéticos advindos do desenvolvimento intensivo da agricultura industrial, intensificando a compreensão das relações que constituem a coevolução entre os sistemas naturais e sociais. Permitem, ainda, que se desvende o estabelecimento de distintos sistemas agrários que, por sua vez, trazem como finalidade principal orientar teórica e praticamente uma organização produtiva mais sustentável ao longo do tempo. Segundo Mazoyer e Roudart (2010, p. 71), “[...] a teoria dos sistemas agrários é um instrumento intelectual que permite apreender a complexidade de cada forma de agricultura e de perceber, em grandes linhas, as transformações históricas e a diferenciação geográfica das agriculturas humanas”.

O conjunto dessas interpretações permite desvelar e criticar o desenvolvimento do capital industrial na agricultura nos últimos 150 anos. Entretanto, a agroecologia não pode ser encarada como resposta única ou solução derradeira para consertar as variadas crises enfrentadas no plano econômico, político, social e ambiental, justamente pelo fato de que ela mesma já está sendo subsumida pelo capitalismo.

Por sua vez, pode ser compreendida como estratégia de contraposição ao sistema econômico em curso que explora trabalhadores e a natureza, tencionando para a instituição de modificações que logrem lançar os germes de um novo modelo social e produtivo, justamente por interceder nas contradições que se apresentam, tais como a fertilidade decrescente dos solos, a insegurança alimentar, problemas de saúde advindos da forma como se produzem os alimentos, dentre outras questões mais abrangentes.

Convém ressaltar que o conjunto das relações ecossistêmicas nos agroecossistemas sofre alterações mediadas pela ação humana em suas diferentes formas de organização social, o que acaba constituindo indefinidamente outros ritmos, representando avanços e/ou impactos para além dos já observados. Isso ocorre na medida em que, de formas variadas e numa multiplicidade de graus de intensidade, a natureza sempre nos fornece os meios e objetos de trabalho para a satisfação das necessidades (do estômago à fantasia, segundo Marx), instituída a partir da nossa capacidade em realizar trabalho.

Trabalho este, ainda no plano geral da satisfação das necessidades imediatas à

sobrevivência é que se encontra o conceito de útil para Marx; portanto, uma forma natural que estabelece um valor de uso da natureza em vista das necessidades humanas.

Sendo assim, a natureza não apresenta apenas um caráter biológico, mas preponderantemente social, pelo fato de ser um meio de vida. São por meio dos processos de trabalho instaurados que se configuram determinadas relações sociais de produção em cada tempo histórico. Isso se aplica também ao propósito voltado à compreensão mais ampliada do conceito de sustentabilidade (ambiental), sendo, pois, a ação humana sobre o ambiente (ecossistemas) que está em jogo, ao qual estamos buscando melhor utilizar.

Dessa forma, o alcance maior da agroecologia está vinculado a um processo mais geral de mudança social. Por isso, entendemos como importante e necessário manter e aprofundar o diálogo com as ciências da natureza e agrárias, no sentido de poder desvelar em que medida o conceito de FM pode intensificar conexões mais abrangentes ao ensino dessas ciências (e entre estas), de modo a direcionar para o fortalecimento de propostas de formação que interpretem sobre como se pode instituir um maior entendimento e explicação sobre as irregularidades que se apresentam a partir das perturbações realizadas no meio em que vivemos.

Neste segundo capítulo procuramos demonstrar que o atual modo de produção influencia e ocasiona a exacerbação da FM, situando essa discussão junto às atividades agrícolas desenvolvidas na especificidade no Brasil. Nessa delimitação, além de demonstrar a amplitude em torno dessa falha, tivemos o intuito de tratar sobre como se realiza, em nosso país, uma agricultura que se reveste em torno de um caráter funcionalista ao sistema do capital mundial, de modo a compreender mais aprofundadamente essa sistemática, contribuindo com as possibilidades de se realizar maiores correspondências com o processo em geral. Além disso, discorreremos sobre as questões que interferem e implicam na busca por maior sustentabilidade, em especial na agricultura, trazendo a ciência agroecológica como mobilizadora e articuladora, incidindo nos aspectos econômicos, políticos, sociais e ambientais.

Na sequência, o campo das ciências da natureza será foco de análise, a partir de documentos que orientam a organização curricular na educação básica. Esse exercício busca evidenciar que há certa predisposição (e acúmulo teórico) na área de ensino, que, por sua vez, aponta para a necessidade de uma maior conjugação dos saberes específicos de cada uma dessas áreas do conhecimento, visando melhor entender e explicar a realidade vivenciada, principalmente em torno daquilo que estamos apresentando nesta discussão.

3 O ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA: LIMITES E POSSIBILIDADES PARA A INSTITUIÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE PERSPECTIVA AMPLIADA

Este capítulo discute o campo do ensino das Ciências da Natureza na contemporaneidade, refletindo sobre as potencialidades que logrem direcionar para uma compreensão mais articulada entre as diversas disciplinas que agregam essa área. Para isso, optamos por recuperar alguns elementos que contribuem com a reflexão em torno do papel histórico da ciência e da tecnologia na vida em sociedade direcionada à apropriação dos recursos naturais, sobretudo no contexto do desenvolvimento da agricultura.

Esta discussão torna-se relevante uma vez que o debate em torno da utilização do aparato científico e tecnológico, muitas vezes, simplificadamente, encontra-se bastante polarizado. Ou seja, de um lado há setores que defendem a maximização produtiva como fato irreversivelmente necessário e, de outro, grupos que atribuem ao avanço tecnológico a responsabilidade exclusiva pela degradação ambiental.

Problematizar questões que envolvem o âmbito da produção e disseminação da ciência é tarefa educativa, devendo constar de uma abordagem que possa contemplar diferentes aspectos a partir do foco de cada área do conhecimento. Nesse sentido, situamos o debate em torno do campo das ciências da natureza na Educação Básica, principalmente do Ensino Médio, tendo como base os documentos que orientam a organização do ensino produzidos nas últimas duas décadas.

3.1. A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO E DIFUSÃO DO CONHECIMENTO

Ao considerarmos a ciência enquanto um processo de busca constante de entendimento em torno dos fenômenos com vistas à resolução de muitos dos problemas da vida humana, compreendemos que sua origem pode ser associada aos primórdios da história, assim como a tecnologia, enquanto aplicação prática desses conhecimentos adquiridos e acumulados.

É preciso ressaltar, no entanto, que com a ascensão do pensamento racional da fase iluminista do século XVIII, uma característica especial da ciência se refere ao fato de que, a partir dela, se pode explicar o mundo natural sem recorrer às interpretações sobrenaturais e míticas, por vezes falseadoras da realidade.

Dessa forma, a ciência movida pela racionalidade humana adquiriu um status de

autonomia e vida própria, independente de outros fatores, ou seja, tudo se definiria a partir de critérios de rigorosidade, imparcialidade ou neutralidade.

Para Marilena Chauí a ilusão da neutralidade da ciência baseia-se no entendimento de que existe uma separação e diferenciação entre sujeito e objeto, em que os procedimentos de observação, experimentação e interpretação são utilizados independentemente da boa ou má vontade do cientista. Entretanto, a autora ressalta que quando o cientista ou grupo “[...] escolhe uma certa definição de seu objeto, decide usar um determinado método e espera obter certos resultados, sua atividade não é neutra, nem imparcial, mas feita por escolhas precisas” (CHAUÍ, 2001, p. 281).

Nessa direção, o discurso em torno de uma racionalidade científica é utilizado para escamotear os reais interesses de muitas pesquisas, em grande medida utilizadas com o intuito de controlar a natureza e a sociedade a serviço de grupos que detêm o poder econômico. Sobre essa questão, a mesma autora enfatiza os mecanismos utilizados para a disseminação de uma ideologia cientificista:

Na medida em que a razão se torna instrumental, a ciência vai deixando de ser uma forma de acesso aos conhecimentos verdadeiros para tornar-se um instrumento de dominação, poder e exploração. Para que não seja percebida como tal, passa a ser sustentada pela ideologia cientificista, que, através da escola e dos meios de comunicação de massa, desemboca na mitologia cientificista (CHAUÍ, 2001, p. 283).

Na contemporaneidade esses processos se intensificam, uma vez que não se trata apenas de conhecer as coisas e os seres, mas de uma aplicação cotidiana desse viés, de modo que se logrem garantias condicionadas a um aumento produtivo, permeadas por uma lógica de extração e exploração tanto dos seres humanos quanto da natureza.

Há fortes laços entre a atividade científica e as ações predatórias em curso. A visão mais conservadora/descontextualizada (LACEY, 1998) de ciência amplifica uma cisão entre o objeto do conhecimento científico e a natureza/sociedade, abstraindo-se a ciência do contexto natural dos seres humanos, numa constante ruptura entre o “objeto em si” e os valores sociais, não cognitivos. Este autor aponta que frequentemente ocorre uma “interação mutuamente forçada” entre os fins e os meios, respectivamente entre um ponto de vista contemporâneo fiscalizador/mantenedor do *status quo* e a apropriação da natureza, de forma permanente.

Na medida em que destacamos, por exemplo, a problemática dos agrotóxicos, pode-se verificar que sua produção e uso proporcionam melhores condições para o estabelecimento da intensificação nas monoculturas e de todo o modelo produtivo, dando concretude à

subordinação da agricultura, principalmente em termos de exploração dos nutrientes do solo.

Assim, o conhecimento científico assume papel central no desenvolvimento econômico, particularmente na agricultura capitalista, sobretudo se pensarmos nas questões que envolvem a pesquisa e o domínio tecnológico, como tratado a seguir:

Por mais paradoxal que possa parecer, não há como negar que, apesar da importância que é atribuída aos conhecimentos científicos e tecnológicos atuais, com maior ênfase aos tecnológicos, através dos quais parece aumentar o poder humano de explicar e controlar a natureza, grande parte de população mundial ainda passa por problemas e necessidades injustificáveis, quando se consideram as possibilidades técnicas disponíveis para saná-las (BAZZO, 2015, p. 47).

A perspectiva criticada por Bazzo (2015) contém uma visão de ciência que assume o princípio da imparcialidade, da neutralidade e da autonomia, prometendo valores de liberdade e emancipação humana que não se cumpriu. Sobre essa visão, Mészáros problematiza:

Por longuíssimo tempo, esperou-se que acreditássemos que todos os nossos problemas se resolveriam alegremente pelo “desenvolvimento” e pela “modernização” socialmente neutros. A tecnologia deveria superar por si só todos os obstáculos e dificuldades concebíveis. Era, na melhor das hipóteses, uma ilusão imposta a todos que, no desejo de encontrar uma saída para seu próprio papel ativo no processo de decisão, mantinham a esperança de que grandes melhorias em suas condições de existência se realizassem do modo prometido. Tiveram de descobrir com a amarga experiência que a panacéia tecnológica era um subterfúgio aut vantajoso das contradições por parte daqueles que empunhavam os timões do controle social. A “revolução verde” na agricultura deveria ter resolvido de uma vez por todas o problema mundial da fome e da desnutrição. Ao contrário, criou corporações-monstro, como a Monsanto, que estabeleceram de tal forma seu poder em todo o mundo, que será necessária uma grande ação popular voltada as raízes do problema para erradicá-lo. Contudo, a ideologia das soluções estritamente tecnológicas continua a ser propagada até hoje, apesar de todos os fracassos (MÉSZÁROS, 2007, p. 189).

Desta forma, entendendo os desafios colocados no atual modo de produção e os alcances da educação, no sentido de problematizar a relação ser humano e natureza, trazemos como ponto de partida a forma como o solo é utilizado e manejado com a finalidade de produzir mercadorias. Antes, porém, ressaltamos a existência de desordens, assincronias e descompassos entre o modo como os objetos (matéria-prima mobilizada) se apresentam — à primeira vista como algo exterior, sem nenhuma vinculação com os seres humanos — e aquilo que genuinamente são, ou seja, parte de uma conexão, de um vínculo mais profundo que se relaciona fortemente com nossa espécie. As irregularidades em torno desse entendimento se demonstram, também, no campo das ciências da natureza, principalmente

pelo fato de que o conhecimento que temos do real objetivado não se encontra no terreno das coisas ou dos seres, mas nas conexões que se estabelecem destes para conosco.

3.2. AS CIÊNCIAS DA NATUREZA NO ENSINO

Considerando as questões inerentes ao papel da ciência, observamos, em seguida, como as possibilidades, em se partindo da temática deste trabalho, podem permear o ambiente de ensino da Educação Básica⁹, de forma mais específica, em relação ao último ciclo, ou seja, no Ensino Médio.

No contexto brasileiro, podemos localizar mudanças ocorridas nas políticas educacionais na década de 1990, sobretudo a partir da discussão e aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394/96 – LDB, que, por sua vez, desencadeou alterações significativas na organização do ensino brasileiro.

Ao compreender as reformas educacionais promovidas na década de 1990, precisamos observá-las num cenário preponderantemente contraditório. Por um lado, assinalamos um momento de agitação política e mobilização de grupos em defesa de uma formação cidadã, que apresentavam expectativas por mudanças, principalmente no sentido de expansão de oportunidades de acesso, na valorização da atividade docente e na democratização nos processos de gestão do ensino. Por outro, representado pelos princípios neoliberais de organização econômica que incidiram no Brasil e em outros países latino-americanos, motivando a utilização de diversos jargões como “competitividade”, “qualidade total”, “flexibilidade”, “competência”, dentre outros. Segundo Saviani (2016), a tramitação dessa lei foi relativamente longa, tendo-se iniciado no ano de 1987, com o envolvimento de diversos setores e organizações, resultando na aprovação do texto final apenas em 1996.

Assim, embora possamos assinalar avanços no quesito participação frente ao debate em torno das políticas de ensino, substituindo a legislação que vigorava desde o período do regime militar, é preciso considerar que os setores produtivos ligados às iniciativas privadas também manifestaram muitos dos seus interesses. No entanto, de maneira geral, considerando o cenário anterior, reconhecemos iniciativas que permitiram qualificar o debate em torno do papel social do conhecimento e a forma de organização deste nos diferentes ambientes escolares.

⁹ Tratamos aqui das discussões promovidas pela publicação dos PCNs e, em seguida, pelo documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), cujo texto que trata do Ensino Médio foi homologado pelo MEC em 14/12/2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>. Acesso em: 10/03/2019.

Em 1997 foram publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN para os anos iniciais do Ensino Fundamental, em 1998 os PCN dos anos finais do fundamental e, em 1999, aqueles referentes ao Ensino Médio. Os PCN se constituem como referências para a construção das matrizes curriculares, quando surgem variadas propostas de organização em torno das áreas do conhecimento e da discussão dos temas transversais mais ligados às questões sociais: ética, saúde, meio ambiente, orientação sexual e pluralidade cultural (MEC, 1997).

Concomitante às discussões dos PCN são constituídas as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN para os diferentes níveis de ensino da Educação Básica. Com a LDB 9394/96 o Ensino Médio fica determinado como etapa final da educação básica e sua identidade passa a ser amplamente debatida nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-DCNEM, aprovadas em 1998. Nesse sentido:

O Ensino Médio, portanto, é a etapa final de uma educação de caráter geral, afinada com a contemporaneidade, com a construção de competências básicas, que situem o educando como sujeito produtor de conhecimento e participante do mundo do trabalho, e com o desenvolvimento da pessoa, como “sujeito em situação” – cidadão (MEC, 2000).

Em termos gerais, a partir dessa nova configuração os princípios que deveriam nortear o ensino são os de contextualização, desenvolvimento de competências, interdisciplinaridade e transversalidade. Sobre os dois últimos, recorreremos ao entendimento encontrado nas DCN da Educação Básica de 2013:

A transversalidade é entendida como uma forma de organizar o trabalho didático-pedagógico em que temas, eixos temáticos são integrados às disciplinas, às áreas ditas convencionais de forma a estarem presentes em todas elas. A transversalidade difere-se da interdisciplinaridade e complementam-se; ambas rejeitam a concepção de conhecimento que toma a realidade como algo estável, pronto e acabado. A primeira se refere à dimensão didático-pedagógica e, a segunda, à abordagem epistemológica dos objetos de conhecimento. A transversalidade orienta para a necessidade de se instituir, na prática educativa, uma analogia entre aprender conhecimentos teoricamente sistematizados (aprender sobre a realidade) e as questões da vida real (aprender na realidade e da realidade). Dentro de uma compreensão interdisciplinar do conhecimento, a transversalidade tem significado, sendo uma proposta didática que possibilita o tratamento dos conhecimentos escolares de forma integrada. Assim, nessa abordagem, a gestão do conhecimento parte do pressuposto de que os sujeitos são agentes da arte de problematizar e interrogar, e buscam procedimentos interdisciplinares capazes de acender a chama do diálogo entre diferentes sujeitos, ciências, saberes e temas (DCN DA EDUCAÇÃO BÁSICA, 2013, p. 29).

Considerando o acima exposto, reconhecemos os avanços oriundos da elaboração desses documentos, aliado ao crescimento das vontades e interesses dos profissionais em educação, no sentido de se instituírem compreensões mais alargadas em torno das potencialidades do ensino, numa realidade dinâmica, em constante processo de vir a ser, ou seja, que pode e deve ser modificada.

Em 2017, outro documento elaborado pelo Conselho Nacional de Educação - CNE passa a ser discutido, tratando-se da Base Nacional Curricular Comum - BNCC. Em dezembro de 2017 foi homologado o texto das etapas da Educação Infantil e de Ensino Fundamental e, em dezembro de 2018, o texto referente ao Ensino Médio.

Para efeito de nossa análise buscamos evidenciar quais elementos de estudo são propostos para a área das CN, no que se refere ao conteúdo bem como aos aspectos metodológicos. Esta escolha orienta-se no intuito de verificar e discutir possíveis eixos temáticos potenciais em vista de uma maior conjugação em torno do nosso tema investigativo¹⁰.

Na estruturação contida nos documentos dos PCN para o Ensino Médio, o currículo estava compreendido a partir de três grandes áreas: 1) Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; 2) Ciências Humanas e suas Tecnologias; 3) Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Esta última área tinha como foco:

[...] o aprendizado de suas disciplinas, ao manifestarem a busca de interdisciplinaridade e contextualização e, ao detalharem, entre os objetivos educacionais amplos desse nível de ensino, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos. Referenda-se uma visão do Ensino Médio de caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante (MEC, 2000, p. 4).

Os fundamentos contidos nos PCN buscam inovar em relação às formas de organização do ensino preponderante, no sentido de conceber a aprendizagem científica como um direito social e necessário para a construção de uma sociedade democrática, voltada à formação cidadã. Sabe-se, entretanto, que essas mudanças não ocorrem de forma

¹⁰ Não é pretensão de este capítulo abarcar uma análise mais ampliada de todos os documentos discutidos e aprovados. Com finalidade metodológica nos deteremos às orientações dos PCN e das BNCC. A escolha pelos PCN deve-se ao fato de que, a nosso ver, representam um avanço em torno de uma proposta que orienta para uma abordagem mais ampliada e complexa dos conhecimentos a serem desenvolvidos na escola, se comparada ao modelo disciplinar anterior. Já em relação às BNCC limitamo-nos à observação das orientações descritas no documento, uma vez que, embora aprovado, ainda se encontra em fase de implantação.

generalizada, persistindo em muitas das escolas um tratamento fragmentado, desconexo e mecânico em torno dos conteúdos mobilizados. Por sua vez, isto acaba por restringir as possibilidades de se instituir uma formação mais ampla, principalmente quando orientada para o atendimento dos interesses do mercado, a exemplo das diferentes habilidades e competências profissionais requeridas, condizentes às suas demandas específicas.

Entretanto, buscando uma maior interlocução entre essas motivações, julgamos haver certa reciprocidade em torno dos objetivos concernentes a cada uma das propostas acima situadas, que, a nosso ver, podem ser conjugadas em torno dos objetivos de cada uma dessas modalidades formativas. Assim, nos orientamos por assinalar que, embora sejam proposições distintas, guardam correspondência junto ao processo de formação integral dos sujeitos que delas participam. Dito de outra forma, entendemos que se completam, como unidade de contrários.

Trazemos essa consideração principalmente pelo fato de entendermos que a construção de uma proposta alicerçada numa dimensão ampliada requer inúmeras ações, como investimentos em estrutura física e material das unidades escolares, assim como uma política eficaz de formação e valorização docente, dentre várias outras questões. É nesse viés que incluímos o sentido profissionalizante, como algo que possa somar, e não apenas diminuir as possibilidades em torno do desenvolvimento das práticas educacionais.

O que temos presenciado é que existe um debate crítico e propositivo no campo educacional, na tentativa de ampliar o acesso à escola e promover um ensino de maior qualidade. No entanto, na esfera das políticas sociais, dentre elas as da educação, os interesses dos setores econômicos também se evidenciam, dificultando uma formação cidadã, de sentido mais universal.

Os modelos educacionais têm sido historicamente influenciados pelos setores produtivos, demandando ao sistema escolar trabalhadores, conhecimentos e técnicas que possam atender seus interesses. Além disso, utilizam estratégias que transplamam para o campo educacional muitos critérios ligados ao mundo do trabalho. Podemos citar como exemplo as técnicas do padrão taylorista-fordista da produção fabril aplicadas no ensino durante o Regime Militar no Brasil.

Outro exemplo trata do fenômeno da reestruturação produtiva, iniciado no Brasil entre as décadas de 1980/1990, quando novos padrões empresariais de eficiência e competitividade foram propostos no campo da educação. De maneira crítica questionamos o caráter funcionalista e fragmentado dessa nova fase, onde são encontradas indicações para um ensino que forme um trabalhador flexível e autônomo, responsável pelo seu próprio sucesso e

que, por isso, deveria estar vinculado a processos formativos dinâmicos, com menor rigidez e adaptados às rápidas mudanças ditadas pelo mercado.

Assim, dado o caráter contraditório de nossa sociedade é que compreendemos o espaço educacional como território de permanente conflito entre compreensões e interesses. De um lado, a existência de perspectivas voltadas à formação humana ampla e integral, ou omnilateral, em que a maioria (senão todos) dos seres humanos possam se compreender enquanto integrantes e capazes de interagir conscientemente entre si e com o meio. De outro, concepções restritivas e desiguais que determinam ao ensino a função de formar trabalhadores para o mercado de trabalho e selecionar privilegiados para ocupar melhores postos e/ou desenvolver técnicas e tecnologias para a continuidade da reprodução do capital.

Com a recente estruturação da BNCC essas contradições se ampliam e as preocupações se intensificam, uma vez que, acompanhada da proposta, está o que se convencionou chamar de “Novo Ensino Médio”, cuja principal característica é a ideia-força da flexibilidade respaldada pelos aspectos referenciados em competências e habilidades, representando uma ideia já exposta em outros momentos de nossa história da educação, mais adequadas aos interesses imediatamente exclusivos do mercado. Segundo o MEC, a BNCC:

É um conjunto de orientações que deverá nortear a (re) elaboração dos currículos de referência das escolas das redes públicas e privadas de ensino de todo o Brasil. A Base trará os conhecimentos essenciais, as competências, habilidades e as aprendizagens pretendidas para crianças e jovens em cada etapa da educação básica. A BNCC pretende promover a elevação da qualidade do ensino no país por meio de uma referência comum obrigatória para todas as escolas de educação básica, respeitando a autonomia assegurada pela Constituição aos entes federados e às escolas. A carga horária da BNCC deve ter até 1800, a carga horária restante deverá ser destinada aos itinerários formativos, espaço de escolha dos estudantes. (MEC, 2019).

Vista de forma superficial, essa parece ser uma tendência inovadora, uma vez que remete à possibilidade de a carga horária do currículo estar direcionada à livre escolha dos estudantes e/ou da comunidade escolar, sobre grande parte dos conteúdos de interesse de estudo. Porém, no enunciado a seguir, que trata sobre os itinerários formativos, observamos que essa definição será articulada pelas redes oficiais de ensino, o que denota uma grave contradição:

Os itinerários formativos são o conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, entre outras situações de trabalho, que os estudantes poderão escolher no ensino médio. Os itinerários formativos podem se aprofundar nos conhecimentos de uma área do conhecimento (Matemáticas e

suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e da formação técnica e profissional (FTP) ou mesmo nos conhecimentos de duas ou mais áreas e da FTP. **As redes de ensino terão autonomia para definir quais os itinerários formativos irão ofertar**, considerando um processo que envolva a participação de toda a comunidade escolar (MEC, 2019, *grifo nosso*).

Receamos que devido às dificuldades estruturais do ensino no Brasil, algumas fragilidades poderão decorrer dessa flexibilidade curricular. Devido à precariedade que apresentam muitas escolas e até mesmo algumas redes de ensino, a organização dos itinerários formativos poderá apresentar maior limitação para que sejam desenvolvidos de forma adequada. A escolha poderá ser influenciada, por exemplo, pela disponibilidade e/ou ausência de professores habilitados nas diferentes áreas. Além disso, considerando que o público do Ensino Médio é formado por jovens, muitos destes já inseridos no mercado de trabalho, a opção por cursos aligeirados ou concomitantes com formação profissional poderão comprometer um trabalho mais eficiente de formação científica.

Outro aspecto considerado um problema relacionado à ideia de flexibilização curricular presente no debate da BNCC é a preocupação com o conhecimento útil à empregabilidade, que diz respeito às questões relacionadas aos estudos mais elaborados dos problemas da sociedade e da vida humana. Existem especulações de que as disciplinas de sociologia e filosofia, que geralmente poderiam apresentar reflexões críticas sobre alguns aspectos do pensamento humano e da organização, perderiam, gradativamente, seu importante espaço. Além disso, embora recente, já existem alguns estudos que indicam a preponderância de certa visão reducionista nos documentos, como também nas demais áreas do conhecimento.

Behrend, Cousin e Galiuzzi (2018), ao tratarem da temática da inclusão da Educação Ambiental – EA no texto das BNCC apontam para sinais de evidente retrocesso em relação ao acúmulo teórico na área das CN. Embora os autores analisem o documento anterior à aprovação das bases do Ensino Médio, diagnosticam que as concepções direcionadas à interdisciplinaridade e transversalidade perdem força no interior desse último texto. Os termos ecologia e sustentabilidade nas BNCC são apresentados bastante distantes de uma abordagem crítica (cunho político e econômico, por exemplo), aproximando-se mais de uma perspectiva conservadora de educação. Ainda sobre esse estudo os autores concluem:

A análise das categorias emergentes mostrou que a Educação Ambiental vem perdendo espaço na BNCC e quando encontramos unidades de significados relacionadas ao campo, verificamos o predomínio das vertentes naturalista e conservacionista. Além disso, as discussões acerca das questões

socioambientais são apresentadas na BNCC na perspectiva ecológica, sem problematizar a EA enquanto um campo político que problematiza e atua criticamente na superação das relações de poder (BEHREND; COUSIN; GALIAZZI, 2018, p. 86).

Enfim, consideramos que muitas questões ainda poderão ser problematizadas até a reformulação completa do Ensino Médio, que deverá acontecer no ano de 2020. Entretanto, ao reconhecermos potenciais que podem induzir a formulação de propostas metodológicas de forma articulada é que apresentamos, em seguida, os eixos temáticos das ciências da natureza.

Como ponto de partida, recuperamos temas propostos pelas disciplinas contidas nos PCNEM+:

- Biologia: 1. Interação entre os seres vivos; 2. Qualidade de vida das populações humanas; 3. Identidade dos seres vivos; 4. Diversidade da vida; 5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica; 6. Origem e evolução da vida.
- Física: 1. Movimentos: variações e conservações; 2. Calor, ambiente e usos de energia; 3. Som, imagem e informação; 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5. Matéria e radiação; 6. Universo, Terra e vida.
- Química: 1. Reconhecimento e caracterização das transformações químicas; 2. Primeiros modelos de constituição da matéria; 3. Energia e transformação química; 4. Aspectos dinâmicos das transformações químicas; 5. Química e atmosfera; 6. Química e hidrosfera; 7. Química e litosfera; 8. Química e biosfera; 9. Modelos quânticos e propriedades químicas.

Ao apresentar o conteúdo a partir de eixos temáticos se pressupõe uma série de relações necessárias entre as disciplinas, que, sendo coerentes com suas especificidades, colaborariam para uma compreensão mais abrangente sobre os fenômenos e respectivos posicionamentos em torno da realidade, como o exemplo abaixo:

A discussão da biodiversidade e da codificação genética da vida, que ilustramos, para ganhar contexto e realidade deve ser associada aos problemas atuais da redução da biodiversidade, por conta das intervenções humanas na biosfera, decorrentes da industrialização, do desmatamento, da monocultura intensiva e da urbanização, assim como ser tratada juntamente com as questões atuais da manipulação genética e dos cultivos transgênicos. Dar oportunidade aos estudantes para conhecerem e se posicionarem diante desses problemas é parte necessária da função da educação básica. Por outro lado, o contexto dessa discussão constitui motivação importante para o aprendizado mais geral e abstrato (MEC, 2002, p. 30).

Outro conceito fundamental às ciências da natureza é o de energia:

A energia é um exemplo importante de um conceito comum às distintas ciências, instrumento essencial para descrever regularidades da natureza e para aplicações tecnológicas. Na Física, pode ser apresentada em termos do trabalho mecânico necessário para impelir ou para erguer objetos, quando se calcula a energia cinética do movimento de um projétil ou veículo, ou a energia potencial da água numa barragem. Ainda na Física, ao se estudar processos térmicos, a energia é apresentada como propriedade interna de sistemas, como a energia do vapor d'água que, em uma caldeira, recebeu calor do queimador e se expandiu para realizar trabalho. Trabalho ou calor, estado de movimento ou energia interna, tudo se pode medir nas mesmas unidades, joules ou calorias, conversíveis umas em outras. É preciso, contudo, traduzir e relacionar as diferentes energias de movimento, de radiação, de posição, até mesmo para mostrar que se convertem umas nas outras, se degradam, mas se conservam em sua soma. A falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma “colcha de retalhos energética”, a ser memorizada, das energias mecânica e térmica, luminosa, sonora, química, nuclear e tantos outros adjetivos, alguns pertinentes, outros não. Na Biologia e na Química, as energias não são menos importantes e nem menos variadas em suas designações e, no fundo, se trata da mesma energia da Física. Nas reações químicas em geral e na fotossíntese em particular, a energia tem o mesmo sentido utilizado na Física, mas raramente se dá um tratamento unificado que permita ao aluno compor para si mesmo um aprendizado coerente (MEC, 2002, p. 29).

Para Ricardo e Zylbersztajn (2008), que analisam as noções de competências, interdisciplinaridade e de contextualização contidas nos PCN e PCN+, existem diferenças entre as concepções contidas entre os documentos, embora denotem em comum acordo a centralidade no uso da ideia de competência. Revelam, ainda, que há um distanciamento entre o enunciado nos documentos e as práticas efetivas, além da falta de continuidade do processo iniciado em 1996.

Nesse sentido, observa-se que muitas lacunas podem ser encontradas na oferta e implementação de um currículo com ênfase na contextualização e interdisciplinaridade.

Vejam, em seguida, o que vem sendo proposto com as BNCC para as CN:

Na definição das competências específicas e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram privilegiados conhecimentos conceituais considerando a continuidade à proposta do Ensino Fundamental, sua relevância no ensino de Física, Química e Biologia e sua adequação ao Ensino Médio. Dessa forma, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais (MEC, 2019, p. 548).

Em relação ao conceito de Matéria e Energia no Ensino Médio, diversificam-se as

situações-problema referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam entender, explicar, avaliar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia. Por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa e dos gases durante alterações de pressão ou de temperatura ou sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde.

Já naquilo que está relacionado ao conceito de Vida, Terra e Cosmos, resultado da articulação das unidades temáticas Vida e Evolução e Terra e Universo desenvolvidas no Ensino Fundamental, se propõe que os estudantes analisem a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da vida (em particular, dos seres humanos), do planeta, das estrelas e do cosmos, bem como a dinâmica das suas interações, a diversidade dos seres vivos e sua relação com o ambiente. Isso implica, por exemplo, considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações das reações nucleares, a fim de explicar processos estelares, datações geológicas e a formação da matéria e da vida ou relacionar os ciclos biogeoquímicos ao metabolismo dos seres vivos, ao efeito estufa e às mudanças climáticas.

Finalizamos dizendo que o entendimento das múltiplas determinações que compõem o real deve abarcar possibilidades que logrem afirmar propostas voltadas à compreensão mais alargada da totalidade. Para isso, reforçamos a necessidade de que o ambiente escolar e seus educadores promovam posicionamentos inovadores, utilizando-se dos conteúdos das áreas das ciências da natureza de forma mais crítica, de modo a estabelecer mediações que interfiram significativamente para uma compreensão mais alargada sobre o modo como fazemos agricultura em sua forma hegemônica.

Assim, em acordo com nosso estudo, frente à condição de artificialização constante do meio natural em busca de produtividade a qualquer custo, estamos a ocasionar debilidades crescentes ao ambiente. Desse modo, a agricultura, no mesmo tempo em que se encontra na origem dos graves desequilíbrios, sofre retroalimentações que a descaracterizam mediante um processo que, cotidianamente, determina continuidades em torno da crescente ruptura do metabolismo entre ser humano e natureza, organizada pelas determinações histórico-sociais dominantes.

O que isso tudo implica para o ensino? A partir dessa pergunta é que buscamos, neste terceiro capítulo, dialogar principalmente com aquilo que está previsto nos documentos que orientam o currículo das CN e seus principais eixos e temas, no sentido de estabelecer limites e possibilidades para a instituição de uma educação científica e tecnológica de perspectiva

ampliada, refletindo sobre as potencialidades que logrem direcionar para uma compreensão mais articulada e de caráter interdisciplinar entre essas áreas do conhecimento (Química Física e Biologia).

Na sequência, considerando o acima exposto, apontamos o conceito de FM mediante sua função estruturante e articuladora entre a perspectiva da sustentabilidade e a formação em agroecologia, trazendo como base o estudo sobre a origem, composição e formação dos solos, tendo como pano de fundo as possíveis articulações conceituais entre o ensino de ciências da natureza e as ciências agrárias. Assim, procuramos estabelecer uma proposta que problematize os mitos subjacentes a uma educação científica e tecnológica de caráter fragmentado, procurando desvendar em que medida é possível instituir ressignificações frente a atual relação ser humano e natureza, em busca de maior unidade entre ambos.

4 A FUNÇÃO ESTRUTURANTE DO CONCEITO DE FALHA METABÓLICA NA ARTICULAÇÃO ENTRE O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, A PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE E A FORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA

Neste capítulo discorreremos sobre o ensino de ciências, sobretudo da natureza, procurando salientar em que medida o conceito de FM pode contribuir para a materialização de uma concepção mais ecológica, além de estabelecer uma função estruturante dessa apropriação voltada às possíveis articulações entre o EC, perspectiva da sustentabilidade e formação em agroecologia.

Interferir na maneira hegemônica sobre a qual se estabelecem relações predominantes entre ser humano e natureza e do primeiro com seu semelhante não é tarefa simples e rápida. Mas a educação tem papel importante, afinal, a sociedade vem sendo estruturada ao longo da história a partir de pressupostos aceitos cientificamente e, ao menos no plano ideal, na busca constante em poder promover maiores possibilidades de vida em comum.

Como salientamos ao longo de nosso trabalho, mediante o processo evolutivo e da presença da C&T, a exemplo daquilo que ocorre na agricultura, se intensifica, em escala progressiva, um artifício destruidor dos recursos naturais, bem como a exclusão de significativa parcela da população do conjunto de bens e serviços de grande parte daquilo que foi e está sendo construído ao longo de nossa história.

No caso da agricultura, aliada a uma sistemática cada vez maior em torno da concentração privada da terra e da agroindústria, a C&T tem ajudado dialeticamente a compensar a FM com aditivos agrícolas, mas também a acelerá-la pelo aumento da eficiência produtiva. É o paradoxo da ciência! Nesse sentido, repensar a formação e o ensino na área agrícola é uma tarefa urgente e necessária.

Centramos nosso olhar investigativo para a alternativa agroecológica e, dentro dela, o papel que o ensino de ciências da natureza pode desempenhar para realçar aquilo que, a nosso ver, tem sido a maior e mais insanável contradição em torno de nossa vil existência no planeta terra: a FM ocorrida na sistemática de produção e extração dos alimentos em escala industrial.

Quando adjetivamos essa contradição como sendo irreparável, não se trata de afirmarmos peremptoriamente que não possamos trabalhar nas contradições existentes. Pelo contrário, podemos (e devemos) entender mais e melhor esse processo, estabelecendo formas de gradativamente encontrar saídas que permitam lograr liberdade, ainda que relativa, das agruras que o sistema do capital nos impõe e representa, como enfatiza Marx:

No lugar da produção mais rotineira e irracional, **surge a aplicação consciente, tecnológica da ciência**. A ruptura do laço familiar original de agricultura e manufatura, que envolvia a configuração infantilmente não desenvolvida de ambas, é completada pelo modo de produção capitalista. Mas ele cria, ao mesmo tempo, os pressupostos materiais de uma síntese nova, mais elevada, da **união entre agricultura e indústria** com base em suas configurações antiteticamente elaboradas (MARX, 1988, p. 99, *grifo nosso*).

Desse modo, a C&T assume seu caráter dialético, pois, ao mesmo tempo em que demanda a continuidade e o fortalecimento das contradições presentes na relação entre agricultura e indústria, pode ajudar a instituir diferentes leituras e propostas que permitam direcionamentos para nos livrar das amarras do sistema do capital, mesmo que relativamente.

E Marx segue seu raciocínio, apresentando que o desenvolvimento desse sistema econômico faz emergir uma contradição que atinge diretamente o processo metabólico entre ser humano e natureza, relacionando-o diretamente às questões que remetem a antagonismos e rupturas frente à instituição da capacidade produtiva dos solos de forma perene, ao afirmar que:

Com a preponderância sempre crescente da população urbana que amontoa em grandes centros, a produção capitalista acumula, por um lado, a força motriz histórica da sociedade, mas perturba, por outro lado, o metabolismo entre homem e terra, isto é, o retorno dos componentes da terra consumidos pelo homem, sob forma de alimentos e vestuário, à terra, portanto, a eterna condição natural de fertilidade permanente do solo (MARX, 1988, p. 99-100).

Assim, é pertinente reconhecer que a extração e a exploração dos recursos naturais têm merecido atenção por parte da sociedade.

Outros autores, como Angotti e Auth (2001), ao realizarem uma retrospectiva que, em acordo com nosso entendimento, perpassa essas questões, sinalizam a realização do I Congresso Internacional para a Proteção da Natureza (1923) como um importante marco no sentido de que possamos vir a estabelecer compreensões mais aprofundadas sobre as contradições surgidas a partir de nossa intervenção na natureza, em que:

Está cada vez mais evidente que a exploração desenfreada da natureza e os avanços científicos e tecnológicos obtidos não beneficiaram a todos. Enquanto poucos ampliaram potencialmente seus domínios, camuflados no discurso sobre a neutralidade da C&T e sobre a necessidade do progresso para beneficiar as maiorias, muitos acabaram com os seus domínios reduzidos e outros continuam marginalizados, na miséria material e cognitiva (ANGOTTI; AUTH, 2001, p. 16).

Tanto esse congresso quanto aqueles que o sucederam, bem como o conjunto de debates e movimentos em torno das causas ecológicas remetem a uma importante questão de fundo: como é possível articular um processo de satisfação das necessidades humanas atrelado ao uso limitado e racional da natureza?

Os autores imediatamente acima citados, ao recuperarem elementos sobre como a questão ambiental foi se constituindo, demonstram que cada vez mais se tornava evidente o caráter contraditório de se buscar articular preservação e desenvolvimento. Sobre isso, destacam:

Os diversos esforços, muitos deles de cooperação internacional, denunciando aspectos de conduta e formas de vida tanto social quanto econômica, mesmo não resolvendo os problemas postos, trouxeram à tona questões dicotômicas: de um lado, ampliaram-se os níveis de consciência crítica sobre os problemas oriundos do uso indiscriminado de produtos descartáveis, de outro, porém, criaram-se, via propaganda intensiva, “novas necessidades” direcionadas a ampliar o consumo e viabilizar novas frentes de produção/lucro, com resultados em favor do consumismo exagerado, detectados até o presente (ANGOTTI; AUTH, 2001, p. 16).

Dessa forma, convivem pacificamente, no mesmo tempo e local, diferentes campanhas de conscientização sobre preservação e reciclagem, com o bombardeio midiático em função da lógica consumista, como se essas ações não estivessem em direções opostas.

Em nome de um possível projeto de desenvolvimento sustentável, diversas alternativas e soluções são apresentadas na tentativa de garantir uma convivência harmoniosa. Porém, a nosso juízo, e conforme destacamos anteriormente, essas ações são limitadas, uma vez que são contrárias à dinâmica de operação do modo capitalista, que necessita de uma produção cada vez mais intensa e acelerada de mercadorias para efetivar sua realização econômica. Esse também é o cenário que se apresenta e reflete na esfera da produção de alimentos, que tem sido nosso foco de observação quando defendemos a matriz agroecológica.

Embora se amplie o discurso em torno da busca por uma alimentação saudável, como acontece no mercado dos alimentos agroecológicos, sabe-se que essa é uma opção disponível a um grupo restrito do conjunto da população. Hegemonicamente, também no Brasil, o que tem determinado a forma de produção é a agricultura de grande impacto ambiental que faz uso de alta tecnificação com o objetivo primeiro de atender às exigências do capital, quer seja produzir mais, num menor tempo, a partir da utilização crescente de insumos industriais.

Para isso, são empregados recursos naturais (solo, nutrientes, água e outros), humanos (força de trabalho) e imateriais (ciência e tecnologia), além de procedimentos que

deixam resíduos poluentes nos ecossistemas. Articulado a isso, podemos acrescentar a permissividade da legislação brasileira na utilização de insumos industriais na agricultura, muitos dos quais trazem impactos à saúde humana e ao ambiente, por intermédio do constante financiamento desse modelo. Tal processo é justificado pela necessidade de que o país seja considerado produtivo em seu papel na economia mundial de fornecedor de alimentos e de matéria-prima de transformação, como historicamente tem sido.

Todas essas questões estão inter-relacionadas e demandam uma compreensão não fragmentada de cada tema. Assim, em acordo com essa perspectiva, entendemos ser pertinente a apropriação de conhecimento em torno do funcionamento econômico da sociedade, que não está desarticulado ao modo como se opera a utilização da matéria e da ciência na produção das mercadorias.

Nesse sentido, entendemos que tratar desses conhecimentos e suas implicações nas outras áreas permitiria uma compreensão mais alargada sobre o funcionamento da sociedade e sua relação com a natureza.

Não se trata de, ao evidenciarmos os estudos da agroecologia com seus princípios políticos e éticos como centrais, acabar por colocar as demais áreas e subáreas do conhecimento numa condição de subordinação. Pelo contrário, entendemos que o aprofundamento em torno das áreas da ciência da natureza é fundamental para a elaboração de estratégias de contraposição ao modelo de desenvolvimento que tem provado ser excludente frente a uma grande parcela da população, além de devastador no tocante aos recursos naturais.

Conforme tratamos anteriormente, o conceito de FM reitera a necessidade do reconhecimento de que a apropriação dos recursos disponíveis na natureza pelos seres humanos sempre causa um grau de impacto, de extração e transformação irreversível da matéria. Porém, essa condição é ainda mais acelerada na estrutura da atual sociedade, em que a maior finalidade está na esfera da produção e consumo e a qual necessita da utilização cada vez mais intensiva desses recursos.

Na acepção marxista, temos algumas categorias que auxiliam na compreensão da realidade. Uma delas diz respeito à noção de totalidade, que nos remete à necessidade de uma análise de forma mais ampliada do conjunto de fatores que incidem sobre um contexto. Assim, é insuficiente, por exemplo, discutir a possibilidade de um projeto de desenvolvimento mais sustentável se não reconhecermos o modo como se comportam os diversos ecossistemas, bem como as forças e interesses que se sobrepõem em cada momento vivenciado.

Ambas as questões são importantes, inclusive, sofrem retroalimentações, no sentido

de podermos compreender a sistemática posta em curso. No caso da discussão ambiental, é importante reconhecermos a subordinação de setores e até mesmo de países que atendem ao funcionamento do sistema econômico, como o caso do Brasil.

Por outro lado, utilizando o mesmo exemplo, não significa que isso nos leve a uma aceitação fatalista de um determinismo econômico, em que forças hegemônicas ditarão incondicionalmente as regras do jogo. Recorremos à outra categoria que é crucial na elucidação dos fatos. Trata-se da contradição, que produz efeitos nem sempre previsíveis. Assim, a apropriação de uma perspectiva mais alargada dos fenômenos observáveis, além da desmistificação em torno da neutralidade científica, permite que entendamos e expliquemos melhor que a sociedade é resultante das forças que se movem a partir de determinadas condições e direções.

Estes processos são provenientes da construção humana, embora não de todo controlável, uma vez que a natureza também se manifesta. Nenhuma ação é isenta de reações, portanto, incidir sobre qualquer situação e contexto requer uma compreensão ainda mais aguçada e eticamente comprometida, como assinalam Angotti e Auth (2001):

Sendo a problemática ambiental resultado das atividades humanas, acreditamos que a ação de indicar/introduzir novas perspectivas deve vir acompanhada de subsídios que possibilitem aos indivíduos compreender a concepção que possuem sobre meio ambiente e poder confrontá-la com a de outros. Uma vez que as expectativas de conquistar mudanças estão diretamente relacionadas com a mudança de padrões de atitude e de valores, as problematizações em torno de suas concepções poderão “abrir caminhos” para outras possibilidades. Muitos indivíduos escolarizados, ao compreenderem que não lhes cabe o direito de pensar o mundo para si próprios, poderão abandonar a pretensão de se inserir entre os privilegiados (ANGOTTI; AUTH, 2001, p. 19)

Eis, a nosso ver, uma grande tarefa educacional para a promoção da consciência e tomada de posição: o compromisso ético e moral de socializar com o conjunto social, a partir dos mecanismos estruturantes da atual condição de existência, bem como levantar as possibilidades mais adequadas que se apresentam para uma intervenção mais segura. Isso não se faz apenas com boas intenções, mas com conhecimentos alargados nas diversas áreas da ciência.

Especificamente o trabalho com a agroecologia, que tem como foco a mediação entre produção de alimentos objetivada na relação ser humano e natureza, necessita mobilizar uma série de conceitos da área das ciências da natureza e suas subáreas.

As ciências do ambiente, a perspectiva agroecológica e a abordagem sobre sustentabilidade exigem uma visão holística e não reducionista de ciência, cujos estudos se

situam a partir de uma perspectiva interdisciplinar. Nesse sentido, nos valem de metodologias não cartesianas, mas que busquem agregar formas mais integradoras de conceitos fundamentais e estruturantes ao desenvolvimento do pensamento científico, necessários aos processos formativos e de ensino.

Trazemos, como exemplo, a análise em torno dos “conceitos unificadores” proposta por Angotti (1993) que elege quatro conceitos mobilizados no entorno das ciências naturais: **transformações, regularidades, energia e escala**, que:

[...] podem se constituir em balizas ou âncoras, tanto para as aquisições do saber em CN como para minimizar excessos de fragmentação do pensamento dos estudantes. E também dos professores, uma vez que o ensino de CN, seja de Física, Química ou Biologia, ainda se caracteriza por conjunto de fragmentos de saberes que, embora associados, não são assim discutidos (ANGOTTI, 1993, p. 191)

O autor ainda assinala o caráter qualitativo dessa opção ao apresentar a seguinte argumentação:

Vão na direção das totalidades das estruturações de conhecimento articulado e dinâmico, contra as fragmentações exageradas que não consideram muito mais do que nomenclatura, fórmulas, memorizações. Em contrapartida, os conceitos em destaque não irão atingir o conhecimento holístico por magia ou pelo somatório de superficialidades, não farão integrações a ponto de descaracterizar as especificidades de cada um dos conhecimentos (ANGOTTI, 1993, p. 196).

Em sua análise, reconhece os limites existentes no campo do ensino das CN, em torno da tensão existente entre Fragmentos e Totalidades do conhecimento, assinalando os traços comuns que podem existir em determinados temas, que, por sua origem e abordagem em cada disciplina, aparentam não ter conexão.

Nesse sentido que o autor propõe a utilização de conceitos unificadores, argumentando que essa opção “identifica de partida o enfrentamento de conflito entre o objeto e a construção que dele fazem parte os homens, já enlaça na dimensão crítica tanto o universo das ‘coisas’ externas aos homens como a capacidade de pensar esse universo e mesmo de refletir esse pensar” (ANGOTTI, 1993, p. 192).

Em termos pedagógicos, imaginamos que essa proposta guardaria correspondência com a formulação freireana em torno dos *temas geradores*, salvaguardadas as especificidades de cada uma dessas elaborações. Assim, transcrevemos a explicação do autor sobre essa relação: “os Conceitos Unificadores são complementares aos Temas e carregam para o

processo de ensino-aprendizagem a *veia epistêmica* na medida em que identificamos aspectos mais partilhados (em cada época) pelas comunidades C&T, sem negligenciar os aspectos conflitivos” (ANGOTTI, 1993, p. 193).

Tendo esses aspectos pedagógicos e epistemológicos em consideração é que o autor apresenta e discute quatro Conceitos Unificadores para a área da física: transformações, regularidades, energia e escalas que, segundo nosso entendimento, dialogam com a proposta de um ensino direcionado à formação agroecológica.

Como já nos referimos anteriormente, a perspectiva de perseguir uma análise totalizante dos fenômenos é pressuposto básico para a formação agroecológica. Assim, entendemos que o conceito de FM pode ser abordado enquanto elemento elucidativo na discussão em questão, uma vez que demanda acionar diversos outros conhecimentos necessários à sua maior compreensão, como a questão tecnológica natural e humana e sua relação com os processos de trabalho, a condição de interdependência entre os fenômenos em vista da desfragmentação do ensino, os aportes das ciências naturais que acionem a compreensão da unidade básica da agroecologia em torno do funcionamento dos agroecossistemas, de modo que se possa melhor compreender as questões mais abrangentes que envolvem a fertilidade do solo — este último entendido como um sistema que representa a unidade ser humano e natureza, além de possibilitar ou mesmo condicionar quaisquer existências.

Assim, os conceitos unificadores “**transformações, regularidades, energia e escala**” também podem ajudar a discutir e a entender o sistema solo e seu funcionamento enquanto um modelo aberto, ligado ao conceito de irreversibilidade frente os princípios da termodinâmica do não equilíbrio, advogando, por sua vez, a instituição e o fortalecimento de uma proposta interdisciplinar para um maior desvelamento desta e de outras questões.

O conceito unificador “transformações” daquele autor, a nosso ver, guarda correspondência com as perturbações ocasionadas pelas diferentes atividades realizadas nos agroecossistemas.

Já o conceito “regularidades” abarcaria o conjunto de permanências (positivas e negativas) em termos de sustentabilidade ao longo do tempo, ajudando a interpretar e a avaliar os resultados obtidos mediante os manejos e técnicas utilizadas em agroecologia e que visam constituir fertilidade aos solos — tais como a manutenção de sua cobertura vegetal, policultivo e rotação de culturas —, de modo a dificultar o processo erosivo, melhorar a estrutura dos solos e minimizar a ocorrência de lixiviação dos nutrientes, bem como diminuir a amplitude térmica para facilitar a ação dos organismos do solo que produzem matéria

orgânica. Esse conjunto de regularidades processuais em torno do manejo do solo conduz para compreensões mais abrangentes sobre a constituição da fertilidade, em constante evolução nos agroecossistemas.

Por sua vez, o conceito “energia” dialoga, por exemplo, com os aspectos imediatamente ligados aos processos fotossintéticos, com a transferência energética presente nos diferentes ciclos da matéria a partir da análise e discussão envolvendo a cadeia alimentar, além das questões inerentes ao princípio da termodinâmica (entropia), bem como sobre a nossa condição heterotrófica dependente dos organismos autótrofos.

Por fim, o conceito “escala” induz a reflexões sobre o efeito espacial e temporal das ações realizadas em termos da ciência agroecológica (teoria e prática), aprendizados importantes que podem introduzir inovações que se somem à crescente ampliação dessa possibilidade ao longo do tempo, nos diferentes espaços da produção da vida em vista das transformações mais abrangentes nesse sentido.

Dessa forma, entender as transformações da matéria e das ondas ocorridas no tempo e espaço vivido, bem como as regularidades dessas alterações, nos permite explicar fenômenos e formular leis e teorias. Como exemplo citamos a radiação solar essencial à fotossíntese e a qualquer ser vivente de todos os reinos e domínios. Também possibilita dialogar com o conceito abstrato de energia, abarcando diferentes escalas da ocorrência desses processos para instituir uma sistemática que auxilie na busca e exercício da interdisciplinaridade no ensino das CN, de modo a se configurar uma proposta de intervenção que dialogue com o conceito de FM que mobiliza a instituição da agroecologia orientada por um viés de maior sustentabilidade ambiental.

Assim, ressaltamos que a formação em agroecologia deve considerar, dentre outras questões, as transformações do espaço, ou lugar, em mercadoria pela instituição da propriedade privada da terra (pré-condição para a existência do atual modo de produção), bem como a ação desreguladora crescente dos processos que ocasionam o desequilíbrio metabólico entre as formas de vida — objetivada pela inexorável irreversibilidade na reposição dos nutrientes do solo a partir da industrialização da agricultura.

Se a primeira questão causa o aprofundamento da segunda, ou vice-versa, preferimos dizer que se retroalimentam, no sentido de estabelecer uma sistemática orientada pela exploração intensa dos recursos naturais, em especial dos nutrientes do solo, ocasionando a ampliação da FM. Portanto, reforçamos a necessidade de discutirmos o conceito de (in) sustentabilidade (ambiental) a partir da condição do exaurimento da fertilidade do solo.

O conceito de FM pode, também, situar-se em um nível intermediário entre os

conceitos unificadores, como um tema-problematizador, ao se estudarem aspectos do solo e/ou plantas, bem como todos os componentes biogeoquímicos (clima, água, nutrientes, etc.) imediatamente ligados à agricultura na biosfera, bem como tantos outros temas respectivos a cada uma das áreas, reforçando as discussões propostas nos documentos constantes nas DCN, PCN, PCN+ e BNCC.

Esse esforço tem como objetivo poder trilhar, com maior facilidade, um caminho mais interdisciplinar em educação, permitindo, inclusive, inaugurar propostas inovadoras em torno das possibilidades para realizar integrações conceituais entre as ciências da natureza e agrárias.

Isso enriqueceria sobremaneira os processos de produção do conhecimento, mediante a constituição de uma visão mais crítica que combata reducionismos em torno da existência de uma concepção orientada pela neutralidade da ciência e da tecnologia, que permite estabelecer “uma perspectiva ampliada” que “associe o ensino de conceitos à problematização destes mitos” como advogam Auler e Delizoicov (2001).

Compreendemos ser essa uma das grandes tarefas do ensino das CN, mas não somente delas. Não se trata de retirar as especificidades de cada uma das áreas do conhecimento ou de suas respectivas disciplinas, mas procurar verificar formas de ampliar as possibilidades em torno da formação dos professores e alunos, abarcando uma perspectiva mais totalizante em termos da produção do conhecimento.

Nesse sentido, as modificações empreendidas nos diferentes campos do conhecimento (filosofia, artes, química, física, biologia, etc.) a partir das mudanças políticas (Revolução Francesa, por exemplo) e econômicas (Revolução Industrial) assinalavam novos tempos de grande esperança no potencial humano.

Porém, o mundo contemporâneo apresenta problemas de grande complexidade, com dilemas que desafiam os diversos setores. A promessa de que o desenvolvimento científico e tecnológico acelerado nos tempos modernos pudesse responder ao conjunto das necessidades humanas, libertando a sociedade das amarras da ignorância dos tempos anteriores, parece não ter se cumprido plenamente.

Paradigmas atuais colocam em dúvida o poder e o potencial humano para resolver muitas das questões vigentes. O progresso social, consequência da capacidade do ser humano em resolver tudo e avançar linearmente em direção ascendente, parece ter se tornado um grande mito.

Mas o panorama moderno é menos colorido do que se projetava, apresentando nuances multifacetadas em torno da realidade objetiva. A utilização de aparatos tecnológicos

de alta precisão convive com formas rudimentares de sobrevivência. A opulência de artigos de luxo que permitem conforto e facilidades para alguns, dividem o espaço com pessoas em situações totalmente insalubres. Significativa parcela da população não tem acesso às facilidades da vida moderna e muito menos ao conhecimento embutido na operacionalização dos produtos resultantes da revolução científica. Isso sem mencionar os inúmeros problemas que atentam para com a vida planetária nos últimos séculos, objetivados, por exemplo, pela corrida industrial bélica, a extração de recursos naturais, o desmatamento crescente, e tantos outros.

Portanto, a ciência moderna também produz processos de exclusão e destruição. As implicações sociais não podem mais ser escamoteadas por meio do discurso da neutralidade científica. Nesse sentido, começa a ser problematizada a desconexão entre as diversas questões que envolvem a conformação do espaço de vida, bem como a insuficiência da especialização de cada conhecimento.

Assim, a abordagem CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade teve origem na década de 1970 e, nos últimos anos, fez parte das discussões curriculares. Segundo Santos e Mortimer (2001, p. 3), as discussões dos currículos CTS surgiram na perspectiva de uma formação cidadã em ciência e tecnologia, num primeiro momento, nos países industrializados. Também revelam que “essa motivação tem relação com o agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, a tomada de consciência de intelectuais e a qualidade de vida ligada ao uso das tecnologias”.

Com relação ao contexto brasileiro esses autores, após analisarem diversos materiais sobre o tema, assinalam uma incorporação gradativa dessa perspectiva. Segundo eles: ainda sobre trabalhos de CTS no Brasil, pode-se citar a realização, em 1990, da “Conferência Internacional Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em Ciência e Tecnologia”, cuja temática central foi a educação científica dos cidadãos.

A utilização da abordagem CTS é consubstanciada nos estudos de vários autores, agregando dimensões que anteriormente eram negligenciadas nesse campo, como aspectos históricos, sociais, filosóficos, políticos e econômicos.

Sobre os processos metodológicos dessa abordagem algumas propostas têm merecido críticas; no entanto, consideramos que se constituem como um avanço levando em conta a situação anterior ao ensino das CN.

Em relação à perspectiva de formação cidadã, corroboramos com a análise realizada por Santos e Mortimer (2001) quando problematizam:

Que cidadãos se pretende formar por meio das propostas CTS? Será o cidadão no modelo capitalista atual, pronto a consumir cada vez mais, independente do reflexo que esse consumo tenha sobre o ambiente e sobre a qualidade de vida da maioria da população? Que modelo de tecnologia desejamos: clássica ecodesequilibradora ou de desenvolvimento sustentável? O que seria um modelo de desenvolvimento sustentável? Que modelo decisionista desenvolveremos no nosso aluno, o tecnocrático ou o pragmático-político? (SANTOS; MORTIMER, 2001, p. 17)

Essas questões são pertinentes e necessárias para pensarmos que/quais objetivos temos com o ensino, bem como os compromissos políticos e éticos em relação às possibilidades de continuidade da convivência humana e planetária. Portanto, há que se questionar: predominará nossa concepção de um ser humano infalível e superior às demais formas de vida?

Propomos o conceito de FM como estruturante à abordagem científica das CN sobre sustentabilidade no ensino de agroecologia. Isto porque em acordo com as propostas constantes na BNCC, desde o campo da Física, conduz para um maior entendimento relacionado às leis da termodinâmica, em especial naquilo que trata a sua segunda premissa¹¹ que discute os aspectos da irreversibilidade, produção e aumento da entropia, estando, portanto, atreladas à condição de não-equilíbrio. São aspectos cruciais e fundamentais para elucidarmos os históricos acontecimentos econômicos, sociais e ambientais enquanto um sistema complexo, em constante evolução.

No campo da Biologia, compreender os aspectos que envolvem a fisiologia vegetal, que por sua vez determinam a ocorrência de proteólise e proteossíntese, ciclagem de nutrientes, homeostase e transferência de matéria e energia mobilizada na cadeia alimentar solo-planta. E, no campo da Química, ampliar e intensificar as compreensões e aprendizagens que envolvam a nutrição das plantas a partir dos processos fotossintéticos condicionados à crescente industrialização ocorrida no interior da produção agrícola, que conduz à irreversibilidade na condição de reposição natural dos nutrientes, constituindo, portanto, uma dinâmica de insustentabilidade.

São alguns exemplos que procuramos destacar e que objetivam dialogar com aquilo que está proposto nos diferentes documentos que legislam sobre a educação no Brasil, como apresentamos no terceiro capítulo deste trabalho.

Com uma formação interdisciplinar e convergente em torno da compreensão da FM, objetiva-se utilizar os conhecimentos das CN articulados com objetivos formativos

¹¹ Segundo Clausius (1865): “O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta”.

imediatamente ligados aos arranjos hegemonicamente apresentados na esfera da produção agrícola, preponderantemente dependente de insumos externos e de tecnologias advindas do processo industrial da atualidade.

Entendemos que a discussão sobre a origem, formação, composição e uso dos solos permite contemplar direta e indiretamente muitos dos objetivos elencados acima para cada uma das áreas, nas quais as ciências da natureza assumem papel mediador na compreensão das “questões naturais”, considerando o ser humano como grande transformador em torno dos diferentes aspectos presentes neste processo.

Não é demais recordar que o ser humano faz parte da natureza e, ao transformá-la, também se modifica. Embasamo-nos no caráter de interdependência entre os fatores naturais e sociais que, por sua vez, instauram determinadas mediações econômicas, políticas, tecnológicas e científicas na vida em sociedade, apresentando avanços, limites e contradições em vista da manutenção da vida e de sua sustentabilidade.

Tendo essas considerações como base, compreender mais sobre o que é o solo, sua composição e como este se constitui pode contribuir para com uma visão mais ampliada que permita, por exemplo, compreender sobre a relação dialética entre o ser humano e a natureza.

Assim, podemos definir o solo de diversas maneiras: o chão onde todos pisamos, a crosta terrestre imediatamente observável, o local onde acontece uma infinidade de relações ecossistêmicas, o espaço de ciclagem de nutrientes, o ambiente de vida dos diferentes seres, o lugar onde edificamos construções ou realizamos atividades ligadas à agricultura e pecuária. Muitos outros significados poderiam ser explicitados. Segundo Vezzani e Mielniczuk (2011, p. 30) caracteriza-se por “uma Estrutura Dissipativa, resultante da interação de minerais, plantas e biota edáfica”.

O solo é composto por sais minerais provenientes das rochas, além de água, ar, matéria orgânica e organismos diversos. Apresenta-se como resultado histórico observado a partir da atividade vulcânica que aconteceu de maneira sistemática no planeta há milhões de anos, mas que continua a se desenvolver cotidianamente, quando outros elementos e forças fazem parte desse processo.

O calor e a pressão existentes no centro da terra forçaram em direção ao exterior do planeta o magma vulcânico, composto por uma infinidade de elementos que explicam a heterogeneidade dos tipos de solos, fruto da composição distinta em termos dos minerais que o compõem. Esse material, ao encontrar menores temperaturas, se solidificou e passou a compor as rochas, umas das partes sólidas do solo (LEPSCH, 2002).

Outra parte sólida é representada pela matéria orgânica proveniente da decomposição

de seres e plantas que um dia estiveram vivos, essencialmente formada por compostos de carbono que frequentemente se associam ao oxigênio e ao hidrogênio e, algumas vezes, ao enxofre e ao fósforo. Grande parte da matéria orgânica advém dos restos vegetais em diferentes estágios de decomposição e uma menor quantidade provém de organismos vivos como minhocas, fungos, ácaros, bactérias, cupins, formigas e algumas raízes, a partir da ciclagem biogeoquímica presente nas relações ecossistêmicas.

A parte líquida do solo é onde ocorrem as trocas iônicas, precipitação, dissolução e adsorção dos elementos químicos, além de um conjunto de reações como complexação, oxidação-redução, hidratação-hidrólise e ácido-base que determinam o comportamento e a retenção das substâncias que o compõem, intermediadas pela água existente.

Por sua vez, a parte gasosa é composta principalmente por oxigênio e gás carbônico provenientes das trocas entre o solo e a atmosfera. Esses gases podem ser encontrados nos poros do solo ou dissolvidos na solução aquosa.

A junção das partes sólida, líquida e gasosa compõe o solo, que costuma ser representado pelas seguintes proporções, em média: rochas (45%); ar (25%); água (25%); matéria orgânica (5%).

Após a deposição do magma ocorre o processo de desmanche da rocha proporcionado pela ação do intemperismo, um conjunto de fenômenos biológicos, químicos e físicos que agem sobre o material deposto. Isso leva ao enfraquecimento da sua estrutura, desmanchando-a ao longo do tempo.

São exemplos de agentes intemperizantes o vento, a chuva, as reações químicas entre os elementos minerais, o calor, a dilatação, o frio, a contração, a deposição de matéria orgânica nas fendas que vão surgindo, a dissolução e a cristalização da água das geleiras (que provocam fissuras nas rochas), o aparecimento e a ação de novas espécies relativas à micro e mesofauna que se estabelecem ao longo do tempo na superfície, bem como a ação humana, também chamada antrópica, dentro outros. Portanto, esta sistemática histórica, ao continuar acontecendo nos dias atuais, assume, assim, uma condição perpétua, possibilitando constantes transformações que, por sua vez, sofrem a ação de agentes bióticos e abióticos, instituindo uma variabilidade distinta de solos.

A ação conjunta desses agentes esfacela o material de origem e facilita que este seja incorporado aos demais componentes do solo. Em média, o tempo transcorrido para formar um centímetro de solo é de 300 anos, podendo variar para mais ou para menos de acordo com o clima/temperatura de cada local.

Por conta desse tempo um tanto demasiado, assume importância procurar manter, na

maior parte do tempo, a cobertura dos solos com vegetação. A água da chuva, ao tocar o solo numa velocidade média de trinta quilômetros por hora, pulveriza as micropartículas do solo e pode movimentá-las cerca de trinta a quarenta centímetros, em quaisquer direções. Essa ocorrência faz com que haja o tamponamento dos poros do solo por onde a água e o ar deveriam penetrar, forçando o escoamento superficial em demasia.

Esse escoamento leva junto uma parte dos solos, justamente aquela que sofreu a ação dos agentes do intemperismo. Assim, o tempo transcorrido para formar o solo e constituir sua capacidade produtiva em termos de fertilidade se perde, sendo necessária a retomada do processo.

Além disso, um solo descoberto apresenta maior amplitude térmica, ou seja, a diferença entre a maior e a menor temperatura apresentada será maior que aquela comumente observada em solos protegidos por cobertura vegetal. Essa maior amplitude térmica afeta sobremaneira a capacidade de ação dos diferentes organismos que são fundamentais para a decomposição da matéria orgânica e para a constituição da fertilidade natural dos solos.

Ainda, mesmo que essa cobertura seja realizada por cultivos de interesse não diretamente econômico ou alimentar, muitos são os benefícios trazidos pela incorporação da prática chamada de adubos verdes, que nada mais são do que cultivos implantados entre as culturas das safras agrícolas.

São chamados de adubos verdes pelo fato de que, ao fecharem seu ciclo de vida, efetuam o depósito da matéria orgânica no solo, ampliando a capacidade em termos da condição produtiva aos cultivos subsequentes. Por conta disso, é interessante sempre intercalar ou conjugar diferentes espécies, principalmente as gramíneas e as leguminosas, ao menos por três razões:

a) Como apresentam crescimento e deposição radicular distinta, elas podem mobilizar nutrientes que estão firmemente adsorvidos às partículas do solo, permitindo seu aproveitamento posterior, além de melhorar a condição da estrutura física do solo com uma maior aeração e penetração da água da chuva, diminuindo o escoamento superficial causador da erosão que, conseqüentemente, diminui seu grau de fertilidade;

b) Leguminosas têm a particularidade de realizar associações com micro-organismos que possibilitam a deposição do nitrogênio atmosférico em nódulos presentes nas raízes, podendo ser aproveitados na sequência ou simultaneamente pelas gramíneas, sendo que estas últimas são bastante dependentes desse elemento para realizar seu processo fisiológico;

c) Cultivos associados ou intercalados num mesmo espaço fornecem a vantagem de serem menos ou quase nada atacados por pragas e doenças comumente causadoras de danos

em cultivos de monoculturas. Além disso, não serão retirados determinados tipos de nutrientes em excesso (em comparação ao estabelecimento de um cultivo único).

O conjunto dessas proposições em torno do manejo e técnicas de cultivo permite uma ação satisfatória dos organismos do solo, propiciando a constituição de uma fertilidade natural crescente e perene relacionada à produção agrícola (COSTA, 2017). Um solo sem matéria orgânica está fadado a uma baixa produtividade. Por isso, é de grande importância intensificar práticas e manejos que beneficiem a ação dos organismos do solo, de modo a obter resultados condizentes com a busca por processos sustentáveis no transcorrer do tempo.

Trazemos uma questão que permite melhor compreender o motivo de algumas plantas serem mais atacadas pelas chamadas pragas e doenças de lavoura. As plantas, ao realizarem seu metabolismo, apresentam possibilidade em termo de síntese de proteínas, em acordo com sua fisiologia vegetal que, por sua vez, interage com o meio e suas perturbações de toda ordem (CHABOUSSOU, 1987), sendo:

1: Proteossíntese: quando a planta apresenta um bom equilíbrio nutricional, admite a ocorrência da síntese de proteínas a partir de aminoácidos específicos de baixa solubilidade. Isso age como uma defesa ao ataque das pragas e doenças.

2: Proteólise: quando a planta apresenta algum distúrbio ocorre a degradação das proteínas em aminoácidos e açúcares solúveis. Isso faz com que a planta fique mais suscetível e atrativa aos ataques.

Praticamente a totalidade das pragas e doenças não têm condições de desintegrar proteínas e acabam dependendo de aminoácidos livres e açúcares redutores presentes apenas naquelas plantas que sofrem de algum distúrbio nutricional, ocasionado por diferentes questões que veremos a seguir.

Antes, porém, é importante assinalar que, pelo fato de as pragas e doenças não possuírem muitas enzimas, ficam impossibilitadas de desdobrar as proteínas sintetizadas por plantas em estado de equilíbrio. Isso explicita por que algumas plantas são mais atacadas que outras.

Mas quais são, então, as causas desses desequilíbrios que permitem a ocorrência de danos eventuais nas lavouras?

Muitos dos manejos, técnicas e tecnologias mobilizadas pela agricultura industrial preconizam a utilização de queimadas, aração e revolvimento demasiado do solo, incidência de solos descobertos, intensificação do uso de agrotóxicos e adubos sintéticos de alta solubilidade, preponderância da monocultura em detrimento dos policultivos, esgotamento dos solos pela não rotação ou consorciação de culturas, mecanização exagerada causadora de

compactação que desestrutura fisicamente o solo, utilização de sementes transgênicas que comprometem a biodiversidade e muitas outras práticas exploratórias dos recursos naturais.

Individual ou conjuntamente, essas práticas dificultam a ação dos organismos do solo, incompatíveis com uma proposta mais sustentável de agricultura.

Afinal, o que advoga a agricultura industrial quando ocorre o ataque de pragas e doenças? Que se utilize agrotóxicos. O que não se procura desmistificar é que o uso dessas substâncias provoca um desequilíbrio maior nas plantas, ocasionando o “efeito bola de neve” que consiste em tratar da doença sem atacar as causas da sua instalação e existência.

Além disso, quando essa mesma modalidade de agricultura incorpora técnicas e manejos voltados à cobertura dos solos, o faz somente para que não ocorra o processo erosivo. No mais, o que se observa corresponde à amplificação da FM mediante o conjunto de perturbações postas em curso, objetivadas por um ciclo de dependência aos insumos industriais, principalmente pelo fato de não propiciar a deposição de grande parte da massa vegetal aos solos onde se realizam seus cultivos.

Rachel Carson em seus estudos na década de 1950, já alertava sobre as consequências dessa forma de agricultura:

Às vezes o problema envolve a perturbação do delicado equilíbrio entre as populações, por meio do qual a natureza atinge seus objetivos de longo alcance. Aumentos explosivos em alguns tipos de organismos do solo costumam ocorrer quando outros tipos de organismos sofrem uma redução por inseticidas, o que perturba a relação de proporção entre predador e presa. Tais mudanças podem facilmente alterar a atividade metabólica do solo e afastar sua produtividade. Podem também significar que organismos potencialmente danosos, antes mantidos sob controle, puderam escapar de seus controles naturais e aumentar a ponto de atingirem o estado de praga (CARSON, 2012, p. 61).

Dito de outra forma, a agricultura em seu viés industrial dependente institui um apartamento significativo entre o aspecto natural e social, em que o solo muitas vezes é compreendido apenas como suporte da produção agrícola, não como um organismo vivo que estabelece relações ecossistêmicas mais abrangentes. Em última instância, como sendo responsável pela complexa teia que possibilita a existência humana pelo fato de sermos seres heterótrofos na cadeia alimentar, ou seja, não somos dotados da capacidade de realizar fotossíntese.

Isso assume maior importância na medida em que a sociedade também vai cindindo o trabalho e o conhecimento humano, reservando aos trabalhadores uma infinidade de tarefas mecânicas e de forma fragmentada, no intuito de planificar as operações nos processos

produtivos. Cada vez mais é facultado aos produtores um papel secundário, no qual não são dadas as condições para que exerçam a condição de protagonistas e conhecedores dos fundamentos da ciência existente por detrás das tecnologias.

Portanto, articular esses componentes de formação agroecológica em torno da FM se traduz como importante ferramenta pedagógica no sentido de reconhecer e propor modificações no sistema natural e social, em que a ciência e a tecnologia possam contribuir para a construção de uma sociedade que apresente relações mais justas e equilibradas. O que está em jogo é a constituição de processos que garantam uma maior perenidade da vida em seu sentido mais amplo, sendo que no atual modo de produção estamos todos fragilizados, tanto a sociedade humana quanto a natureza, sendo necessário ampliarmos nossa concepção de solo para um pensar complexo, embasado na “teoria dos sistemas” (VEZZANI, 2001).

Vivemos atrelados a um paradoxo: ao mesmo tempo em que necessitamos crescer socialmente, precisamos economizar a natureza. A forma mais razoável de nos libertarmos dessa armadilha natural e eterna, em vista de alcançar uma condição que nos liberte dessa contradição, ainda que de forma relativa, insistimos, perpassa pelo esforço coletivo em aperfeiçoarmos a compreensão de nossa relação com a natureza, sobre o modo como fazemos agricultura, buscando entender sobre como podemos constituir propostas mais sustentáveis que garantam a promoção de uma fertilidade natural dos solos.

Desse modo, a herança técnica e cultural pode instituir ações que demandem regulações frente às consequências remotas dos nossos atos. Se de um lado a ocorrência da FM é um acontecimento natural que se perpetua intrinsecamente à lei da termodinâmica do não equilíbrio, de outro, se encontra exacerbada nos tempos atuais, tanto pela condição heterotrófica humana (também uma condição natural) quanto pelo crescente rompimento observado na unidade ser humano e natureza que ocorre nesse modo de produção em desenvolvimento.

Assim, necessitamos procurar resolver a forma como produzimos nossas vidas atualmente, principalmente pela instituição de uma agricultura altamente dependente de tecnologias e insumos advindos da indústria, em que grande parte da produção realizada não disponibiliza o retorno de nutrientes da biomassa vegetal ao solo, o que diminui drasticamente sua fertilidade, num círculo vicioso de dependência. Isso compromete os processos que visam constituir sustentabilidade, conforme atestado abaixo:

A agricultura convencional, partindo da ruptura da estrutura do solo, com aração ou procedimentos similares, desencadeia um processo de dependência e de inibição dos fatores bióticos, com o que se destrói ou inibe toda a atividade biodinâmica do solo, com a

paralisação de fenômenos essenciais à manutenção e incremento de sua fertilidade, como o ciclo etileno e a transmutação dos elementos com baixa energia. Rompidos esses ciclos naturais, torna-se imprescindível o uso de fertilizantes solúveis para atender às necessidades nutricionais das plantas que, sem a atividade biocenótica, passam a não dispor de nutrientes oferecidos por esses mecanismos (MACHADO, MACHADO FILHO, 2014, p. 185). Por sua vez, Howard (2007) também se contrapõe à noção hegemônica vigente que reivindica e induz a existência da condição de fertilidade como estando presente apenas no solo. Implicitamente, indica que, ao compreendermos o solo como um sistema, a fertilidade está presente não apenas neste, mas, por exemplo, na massa vegetal dos cultivos realizados. Além disso, ajuda a elucidar que a noção de fertilidade alavancada pela agricultura em sua forma industrial encontra-se bastante interligada à química dos solos, em detrimento das suas questões físicas e biológicas, ao trazer que:

A fertilidade do solo somente pode ser entendida se a considerarmos relacionada com a natureza como um todo. Neste tipo de estudo, devemos primeiramente, emancipar-nos da abordagem convencional dada aos problemas agrícolas, o que é feito através de ciências compartimentadas e, acima de tudo, abster-nos das considerações estatísticas realizadas nos experimentos usuais de campo. Em vez de dividirmos o problema em fragmentos e estudarmos a agricultura como se ela fosse uma colcha de retalhos, através de métodos analíticos, apropriados somente para a descoberta de novos fatos, devemos adotar uma abordagem sintética e olhar para a roda da vida como um grande conjunto e não como se ela fosse um conglomerado de coisas sem a mínima relação (HOWARD, 2007, p. 55).

Essa crítica em torno do uso do solo pelo modelo convencional de agricultura, a nosso ver, se reveste enquanto elemento central para o desenvolvimento de um sistema de produção agroecológica mais progressista em termos científicos, técnicos, tecnológicos e sociais, ou seja, num ensino emancipatório que, para além dos conceitos, problematize os mitos calcados na visão reducionista preponderante.

Embora a agroecologia seja uma ciência relativamente nova e se ocupe de diferentes dimensões e abordagens, ressaltamos a importância do estudo aprofundado do solo como sendo a base primordial da produção da vida. A passagem que segue dá luz e reforça o aspecto acima colocado:

Não é a unidade do ser humano vivo e ativo com as condições naturais, inorgânicas, do seu metabolismo com a natureza e, em consequência, a sua apropriação da natureza que precisa de explicação ou é resultado de um processo histórico, mas a separação entre essas condições inorgânicas da existência humana e essa existência ativa, uma separação que só está posta por completo na relação entre trabalho assalariado e capital (MARX, 2004, p. 648).

Para isso é necessário o fortalecimento de processos produtivos ambiental e socialmente mais equilibrados que eliminem gradativamente as formas de discriminação e exploração do ser humano e da natureza, ou seja, ao reconhecermos as práticas insustentáveis mediadas pela existência e amplitude da falha metabólica, poderemos, talvez, atuar de forma a inverter/conter essa condição vivenciada.

Portanto, não há como pensar um Ensino de Ciências - EC comprometido e conectado à realidade atual — em que uma crise socioambiental de dimensão planetária se mostra cada vez mais intensa — que não se debruce sobre as origens, formas e consequências de um modelo de produção de bens e serviços cuja base é um sistema de extração material da terra que leva à acelerada e crescente exaustão dos seus componentes.

Interessa-nos, particularmente, fortalecer o EC que possa discutir o sistema agrícola atual em confronto com alternativas problematizadoras da ideia de sustentabilidade à luz dos limites como o contido na FM, um conceito estruturante à abordagem científica das ciências da natureza direcionada ao ensino de agroecologia.

O EC, no mesmo tempo em que tem o potencial de trabalhar cientificamente os limites impostos ao alcance da sustentabilidade ambiental, pode dar elementos para a construção de análises críticas sobre o atual modelo produtivo. São estudos que envolvem práticas interdisciplinares e convergentes em torno da discussão sobre a FM, indo além de um ensino propedêutico, sem abdicar ou desconhecer as especificidades de cada uma das áreas do conhecimento ou suas respectivas disciplinas, ampliando-se as possibilidades em termos de formação numa perspectiva totalizante/dialética referente aos problemas complexos como os do ambiente.

Compreender o conjunto dessas questões é importante ferramenta pedagógica para propor modificações também no sistema social, no qual a ciência e a tecnologia possam contribuir para a construção de uma sociedade com relações mais justas e equilibradas com a natureza, consubstanciada pela produção agroecológica. Afinal, o que está em jogo é a constituição de processos que garantam uma maior perenidade da vida, pois, no atual modo de produção, estamos todos fragilizados, tanto a sociedade humana quanto a natureza.

Assim, neste quarto capítulo, assinalamos o conceito de FM mediante sua função estruturante e articuladora entre a perspectiva da sustentabilidade e a formação em agroecologia mobilizada pelos estudos do solo (sua origem, composição e formação) e das técnicas e manejos nele realizados, de modo a instituir fertilidade natural. Dessa forma, reivindicamos poder intensificar as possibilidades de articulações conceituais entre o ensino de ciências da natureza e as ciências agrárias, principalmente ao nos utilizarmos dos

“Conceitos Unificadores” de Angotti (1993).

Acreditamos ser este um bom caminho para que se estabeleçam diálogos e problematizações mais abrangentes em torno das propostas que visam aperfeiçoar o ensino da agroecologia. Principalmente, pelo fato de que as discussões em torno do conceito de FM trazem, em sua gênese, uma crítica contundente à lógica de exploração irreversível de recursos sociais e naturais existentes, através do desenvolvimento de um sistema econômico que atinge distintos modos de vida, subsumidos pela sistemática dominante que se reflete em torno da reprodução do capital.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira a apresentar as conclusões referentes a este estudo, procuramos dialogar com o problema de pesquisa proposto, respectivas hipóteses e objetivos elencados. De todo modo, buscamos delimitar em que medida se podem confirmar algumas das questões que trouxemos ao longo de nossa investigação de cunho teórico, bibliográfico e documental, bem como sinalizar lacunas e possíveis limites que poderão ser objeto de novas investigações, posteriormente.

Antes, porém, julgamos importante afirmar nossa concordância com Marx quando nos diz que o método de exposição difere significativamente do método de investigação. Este último é o que procuraremos detalhar na sequência, quando discorreremos sobre os resultados da pesquisa.

Dito isso, trazemos que o conceito de FM desenvolvido por Marx encontra-se bastante diluído e implícito no conjunto de sua obra, sendo que, a nosso ver, sua maior preocupação foi a de desvendar o funcionamento do capital, atual modo de produção, muito antes de procurar desenvolver e apontar correspondências com o chamado pensamento ecológico.

Trazemos essa consideração para reforçar que houve a necessidade de buscarmos, em muitos dos escritos de Marx e Engels, pistas e apontamentos que demonstrassem o processo metabólico existente entre ser humano e natureza, bem como captar sinais de existência e ocorrência de uma falha ou ruptura no metabolismo entre essas partes.

Podemos afirmar, a partir deste nosso estudo, que a compreensão mais aprofundada sobre solos é conteúdo e espaço curricular potencial a ser desenvolvido em cursos de agroecologia, sendo que a abordagem do conceito de FM articula esse propósito aos desafios da (in) sustentabilidade ambiental, além de permitir discutir, de maneira mais aprofundada, a relação de união e tensão existente entre ser humano e natureza, via EC.

Assim, sugerimos que os “Conceitos Unificadores” auxiliam em muito nessa possibilidade, podendo contribuir, por exemplo, para um melhor diagnóstico em torno dos avanços e limites para a instituição de uma fertilidade natural, imediatamente ligada à ciência agroecológica e ao conceito de FM. Isso se torna possível pelo fato de que em uma proposta de ensino em agroecologia, os “Conceitos Unificadores” (transformações, regularidades, energia e escala) podem suscitar interlocuções a partir dos eixos temáticos das respectivas áreas das CN. Estas dialogam, respectivamente, com as proposições em torno das técnicas e

manejos realizados na agricultura, mediante o conjunto de perturbações realizadas nos ecossistemas via solo, de modo a conferir amplitude ou minimização do processo referente à ocorrência da FM, além de tencionar discussões envolvendo o conceito de sustentabilidade. Foi a partir disso que sugerimos interlocuções entre os “Conceitos Unificadores” e as respectivas áreas das CN, sendo que muito mais se pode instigar. A esse respeito advertimos que o percurso ora iniciado continua em aberto para maiores e melhores elaborações nesse sentido.

Durante a abordagem do conceito de FM, considerando-se os respectivos eixos temáticos das áreas das CN presentes nas BNCC, em especial o segundo enunciado da Lei da Termodinâmica, por exemplo, se pode contribuir para uma compreensão mais aprofundada da ideia de (in) sustentabilidade ambiental, sendo mais bem interpretada a partir dos processos que visam possibilidade de promoção de uma fertilidade não artificial, por meio da ciência agroecológica. Dito de outra forma, ao considerarmos a segunda premissa da lei acima citada, ao final, sustentabilidade não existe. Entretanto, considerando que a ciência agroecológica tenciona minimizar a FM e aperfeiçoar a capacidade de sustentabilidade, invocamos a promoção de uma fertilidade natural de modo a “ampliar o prazo de validade” do planeta.

O fato de abordar o conceito de FM em cursos de agroecologia pode introduzir elementos que ajudem a entender que a agricultura, em sua forma hegemônica, apresenta: uma dinâmica de reposição artificializada/industrial de nutrientes que se objetiva por um ciclo de dependência perene; diferentes perturbações que dificultam a ação dos organismos do solo em vista da maior oferta de matéria orgânica; menor deposição da biomassa vegetal ao solo, influenciando para um menor retorno dos nutrientes extraídos durante o processo produtivo; utilização intensa de agrotóxicos, muitos deles proibidos em outros países; uso de sementes transgênicas, transgredindo o princípio da precaução; adoção crescente de monocultivos aliada à baixa rotação de culturas; alargamento da incidência de pragas e doenças de lavoura que se tornam resistentes aos insumos utilizados nos controles; manutenção e ampliação dos latifúndios aliado à não democratização da terra, trazendo como consequência o alargamento do antagonismo entre campo e cidade; intensificação da mecanização agrícola com ampliação do êxodo rural; exploração dos recursos naturais e sociais locais, em vista do superávit primário (viés funcionalista ao sistema do capital internacional), sendo que os dejetos poluidores permanecem em solo brasileiro, contaminando o ambiente, dentre outras questões.

Procuramos, ao longo deste trabalho, interpretar que o conceito de FM mobiliza diferentes questões, como a relação ser humano e natureza, suas reciprocidades e antagonismos, em vista de continuarmos a produzir e reproduzir nossas existências. Auxilia

para uma maior compreensão de que o atual modo de produção exacerba essa “falha”, remetendo às questões que envolvem discussões sobre (in) sustentabilidade. A partir disso, sustenta que a ciência agroecológica pode instituir, a partir dos seus ensinamentos teórico-práticos, modificações nos diversos agroecossistemas onde produzimos nossas vidas, considerando o desenvolvimento de ações que propiciem maior desequilíbrio do meio natural, além de incentivar processos não planejados que contemplem a diversidade dos biomas e as necessidades das diferentes espécies existentes. As CN têm papel fundamental no sentido de mobilizar temas específicos de cada área, podendo colaborar nos esforços referentes à instituição de uma “alfabetização científica e tecnológica que associe o ensino de conceitos problematizando os mitos subjacentes a uma ciência e tecnologia tidas como neutras” (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Acreditamos, em grande medida, ter correspondido à demanda assinalada a partir de um estudo que envolveu a abordagem de temas socioambientais e sustentabilidade presente em trabalhos acadêmicos na área do ensino, que revelou “ausências de comprometimento com o ambiente natural ante os pressupostos que direcionam o desenvolvimento para a valorização da dimensão econômica em detrimento das demais dimensões do processo” (FREITAS; MARQUES, 2017).

Entendemos que a agroecologia (ciências agrárias) necessita requisitar muitos conhecimentos e conceitos das ciências da natureza. Nesse sentido, procuramos interpretar quais eixos e/ou temas podem auxiliar para com o desenvolvimento de um entendimento mais aperfeiçoado sobre as questões que envolvem a discussão sobre (in) sustentabilidade. Reivindicamos que a Química, a Física e a Biologia estabeleçam diálogos sem perder a originalidade e especificidade próprias de cada uma das áreas, de modo que possam ir “na direção das totalidades das estruturas de conhecimento articulado e dinâmico” (ANGOTTI, 1993).

Sinalizamos que nosso trabalho não objetivou apresentar um roteiro didático fechado de inclusão do conceito de FM, mas sustentar o potencial estruturante desse conceito. A finalidade primeira é demonstrar a potencialidade de sua apreciação no campo do ensino das CN, de modo a articular suas diferentes áreas do conhecimento, sugerindo análises transversais que logrem romper com as dicotomias ao reconhecer a condição e o caráter inter-relacional preexistente para, assim, contribuir com cursos de formação em agroecologia, na perspectiva da sustentabilidade ambiental.

Igualmente, longe de afirmarmos que tratar do conceito de FM como eixo estruturante seja um caminho único e inovador para o ensino das ciências. No entanto,

reconhecemos que tal conceito tem função potencializadora na busca em organizar de forma mais articulada os processos pedagógicos e os conceitos científicos mobilizados, logrando estabelecer um reconhecimento mais ampliado acerca da vida social/natural, uma vez que pode agregar e problematizar diversas questões relativas à organização da vida e suas inter-relações, a partir do estudo do solo, principalmente quando compreendido como um sistema.

Defendemos que a ciência agroecológica facilita compreender as perturbações antrópicas, auxiliando no reconhecimento dos processos em torno do manejo e das práticas realizadas nos solos, causadoras de rupturas, continuidades e recorrências que delimitam a instituição de uma maior ou menor fertilidade. Esse processo, por sua vez, municia as CN em torno dos respectivos eixos temáticos, podendo ser mais bem interpretados, mobilizados e potencializados em direção à configuração de propostas de caráter interdisciplinar, principalmente quando nos utilizarmos da teoria concernente aos “Conceitos Unificadores”. Com essa intenção, a partir da leitura das propostas curriculares contidas nos PCN e nas BNCC, buscamos selecionar conceitos e temas de estudo contidos no campo das CN que podem servir como elos para problematizações mais abrangentes em torno da FM.

Dessa maneira, indicamos que o conceito de FM deve estar presente nos estudos do solo, principalmente junto à formação nos cursos de agroecologia. A abordagem desse tema estruturante no ensino de ciências pode ressignificar o seu aprendizado e a própria ideia de sustentabilidade ambiental. Também advogamos que as CN, para além de contribuírem com suas temáticas específicas, quando interceptadas por esse conceito podem induzir e proporcionar condições para o estabelecimento de uma formação interdisciplinar mais abrangente.

A abordagem sobre a FM em cursos de agroecologia é capaz de introduzir elementos que ajudem desvelar como a agricultura, em sua forma hegemônica, produz uma forma extremada e acelerada de destruição do ambiente, de modo a tornar insustentável a reposição dos nutrientes do solo, ocasionando dificuldades para a manutenção da vida.

Ao entendermos a educação enquanto elemento constitutivo do sujeito social, na perspectiva de que possa se colocar propositiva e criticamente no mundo, temos que o ensino se reveste dessa finalidade, no sentido de instituir algo inovador em termos da produção do conhecimento. Para isso, assume significativa importância reconhecer mais sobre os fundamentos de cada uma das áreas do conhecimento relacionado às CN, procurando estabelecer uma proposta que garanta uma condição de maior interdisciplinaridade, no mesmo tempo em que venha romper com processos históricos calcados numa visão reducionista, utilitarista, antropocêntrica e naturalista. Pretendemos, ainda que relativamente, contribuir na

problematização em torno do caráter de neutralidade científica, onde os conceitos operam por si mesmos, sem maior ligação com outros diferentes e importantes aspectos da vida.

Tencionamos este debate ao delimitar a discussão no campo do ensino, de modo a interpretar diferentes nuances presentes nos documentos que orientam e legislam a educação brasileira. Buscamos, ainda, contribuir para uma compreensão mais alargada do papel do educador e das potencialidades que se abrem ao conjugar temáticas das áreas interligadas com o estudo mais ampliado sobre a origem, composição, formação e manejo dos solos — imediatamente acoplados à produção da vida humana.

Também sinalizamos as potencialidades que permitem incorporações conceituais presentes nas ciências da natureza e agrárias, delimitando o estudo dos solos numa perspectiva sócio-histórica, o que inclui compreender a incidência da ciência e da tecnologia que orientam modificações no modo de produção e na economia, bem como sobre sua degradação irreversível a partir do processo de artificialização em termos de reposição de seus nutrientes.

Por fim, almejamos que este trabalho, ao criticar as formas hegemônicas e conservadoras em torno das práticas em agricultura, possa, também, corroborar de forma propositiva para com a reestruturação do pensamento em sustentabilidade comprometida com o ensino e com a formação em agroecologia.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA- FASE, 1989.
- ANGOTTI, José André Peres. **Conceitos Unificadores e Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 15, p.191-198, 1993.
- ANGOTTI, José André Peres. **Fragmentos e Totalidades no conhecimento científico e no Ensino de Ciências**. Tese de doutorado/USP, 1991.
- ANGOTTI, José André Peres; AUTH, Milton Antonio. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. Ciência & Educação, 7, p.15-27, 2001.
- AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. **Alfabetização científico-tecnológica para quê?** Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências. Volume 3/Número 1 – Jun. 2001. CED/UFSC.
- BAZZO, Walter Antonio. **De técnico e de humano: questões contemporâneas**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2015.
- BEHREND, Danielle Monteiro; COUSIN, Cláudia da Silva; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Base Nacional Comum Curricular: o que se mostra de referência à educação ambiental?** Edição Especial para o X Encontro e Diálogos com a Educação Ambiental - EDEA. vol. 23, n. 2, 2018.
- BENSAÏD, Daniel. **Marx, o intempestivo: grandezas e misérias de uma aventura crítica**. RIO DE JANEIRO: CIVILIZAÇÃO BRASILEIRA, 1999.
- BOFF, Leonardo. **Saber Cuidar**. Vozes. Petrópolis – RJ, 2001.
- BRADY, N. C. **Natureza e Propriedade dos Solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979.
- BRUNDTLAND, Comissão. **“Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: o nosso futuro comum”**. Universidade de Oxford. Nova Iorque, 1987.
- CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia Brasil, 2012.
- CECHIN, ANDREI. **A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen**. São Paulo: Editora Senac São Paulo/Edusp, 2010.
- CHABOUSSOU, Francis. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos (A Teoria da Trofobiose)**. Tradução: Maria José Guazzelli. Porto Alegre: L&PM, 1987.
- CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.
- CHAUÍ, Marilena. **Convite à filosofia**. São Paulo: Ática, 2001.
- COMPIANI, Maurício. **Utopias e ingenuidades da educação ambiental?** Revista Ciência e

Educação, 23, p. 559-562, 2017.

COSTA, Manoel Baltasar Baptista. **Agroecologia no Brasil: História, princípios e práticas**. São Paulo: expressão popular, 2017.

CURY, Carlos Roberto Jamil. **Educação e Contradição: elementos metodológicos para uma teoria crítica do fenômeno educativo**. São Paulo: Cortez Editora – Autores Associados, 1985.

DAROLT, Moacir Roberto. **As Principais Correntes do Movimento Orgânico e suas particularidades**. Disponível em: <<http://www.viaorganica.com.br/correntes.htm>> Acesso em: 19 maio 2017.

ENGELS, Friedrich. **A dialética da natureza**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

ENGELS, F. **Anti-Duhring**. Grijalbo, México, 1964.

ENGELS, F. **El papel del trabajo em la tranformacion del mono em hombre**. In: Obras Escogidas em Dos Tomos de Marx e Engels. Editorial Progreso, 1966.

FIorentini, Dario. **Alguns modos de ver e conhecer o ensino de matemática no Brasil**. In: Revista Zetetiké. Campinas: Cempem, nov. 1995.

FOSTER, John Bellamy. **A Ecologia de Marx: Materialismo e Natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

FREITAS, N. M. S.; MARQUES, C. A. **Abordagens sobre sustentabilidade no ensino CTS: educando para a consideração do amanhã**. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, 33, p. 219-235, 2017.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Cambridge: Harvard Univ. Press. 1971.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

GORENDER, Jacob. **O escravismo colonial**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2010.

GRANGER, Gilles-Gaston. **A ciência e as ciências**. UNESP, 1994.

GUZMÁN, E. S. **Agroecologia e desarrollo rural sustentable**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002.

HAECKEL, Ernest. **Generelle Morphologie der Organismen**. Berlin: G. Reimer, 1866.

HARNECKER, Marta. **Os conceitos elementares do materialismo histórico**. São Paulo: Global Editora, 1983.

HOWARD, Albert. **Um Testamento Agrícola**. São Paulo: Expressão Popular, 2007.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Sistema Nacional de cadastro Rural**. 2012.

KAUTSKY, K. **A questão agrária**. Trad. C. Iperoig. São Paulo, SP. Ed. Flama, 1946.

LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica**. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.

LEI DE TERRAS. Lei Nº601, de 18 de Setembro de 1850. Registrada á fl. 57 do livro 1º do Actos Legislativos. **Secretaria d'Estado dos Negocios do Imperio em 2 de outubro de 1850**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L0601-1850.htm > Acesso em: 04 jun. 2019.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2002.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. **Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política**. São Paulo: Cortez, 2012.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2004.

MACHADO, L. C. P.; MACHADO FILHO, L. C. P. **A dialética da agroecologia**. São Paulo: Expressão Popular, 2014.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. **Environmental sustainability: implications and limitations to green chemistry**. Foundations of Chemistry, 16, p. 125-147, 2014.

MARTINEZ-ALIER, Joan. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração**. São Paulo: Contexto, 2007.

MARTINEZ-ALIER, J.; JUSMET, J. R. **Economía ecológica y política ambiental**. Col. Textos de Economía. México, DF: PNUMA; FCE, 2000.

MARX, Karl. **A Origem do Capital: acumulação primitiva**. São Paulo: Global Editora e Distribuidora LTDA, 1977.

MARX, Karl. **GRUNDRISSE: Manuscritos econômicos de 1857-1858 (Esboços da crítica da economia política)**. São Paulo: Boitempo, 2004.

MARX, Karl. **O Capital: Crítica da Economia Política**. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

MARX, Karl. **O Capital: Crítica da Economia Política**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

MARX, Karl. **O Capital: Crítica da Economia Política**. São Paulo: Nova Cultural Ltda. 1996.

MARX, Karl. **Trabalho assalariado e capital & Salário, preço e lucro**. São Paulo: Expressão Popular, 2006.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do**

neolítico à crise contemporânea. [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP, 2010.

MEC. **Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC>> Acesso em: 19 dez. 2018.

MEC. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&category_slug=junho-2013-pdf&Itemid=30192> Acesso em 22 dez. 2018.

MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio +. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 09 jan. 2019.

MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2019.

MÉSZARÓS, István. **O desafio e o fardo do tempo-histórico: o socialismo no século XXI**. São Paulo: Boitempo, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. DIRETORIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Identidades da educação ambiental brasileira**. Philippe Pomier Layrargues (coord.). – Brasília: Ministério do meio ambiente, 2004.

MOORE JR, B. **As origens sociais da ditadura e da democracia: senhores e camponeses na construção do mundo moderno**. São Paulo: Martins Fontes, 1975.

NASCIMENTO, E. P do. **Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico**. Estudos Avançados, 26, p. 51-64, 2012a.

NASCIMENTO, E. P do. **Sustentabilidade: o campo de disputa de nosso futuro civilizacional**. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Orgs.). *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012b.

PAVIANI, Jayme. **Epistemologia prática: ensino e conhecimento científico**. 2.ed. - Caxias do Sul: Educs, 2013.

PENTEADO, Silvio Roberto. **Adubação na Agricultura Ecológica – Cálculo e Recomendação da Adubação numa abordagem simplificada**. Campinas: Edição do Autor, 2010.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2015.

PRIMAVESI, Ana. **Ecosfera, Biosfera e Tecnosfera**. Petrópolis: Vozes, 2000.

RICARDO, Elio Carlos; ZYLBERSZTAJN, Arden. **Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores.** Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, 13, p. 257-274, 2008.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.** São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira.** Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte, 2, 2002.

TENDLER, Sílvio. **O veneno está na mesa** (documentário), 2011.

TERMODINÂMICA (Segunda Lei). Enunciado de Rudolf Julius Emanuel Clausius. <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php>> Acesso em: 21 jan. 2018.

TOLEDO, V.M. e MOLINA, M.G. **El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza.** (2007). Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/17017252/Curso-XII-Lectura-1-Metabolismo-Social>> Acesso em: 22 out. 2017.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola.** Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia (UFRGS), Porto Alegre, 2001.

VEZZANI, F. M. e MIELNICZUK, J. **O solo como sistema.** Curitiba: Edição dos autores, 2011.

WEZEL, A., BELLON, S., DORE, T., FRANCIS, C., VALLOD, D., DAVID, C. **Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. Agronomy for sustainable Development.** 2009. (publicação on-line).