

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E BIOLOGIA EVOLUTIVA

BEATRIZ FRANÇA CASTILLO

O METABOLISMO ENTRE HOMEM E NATUREZA: um  
estudo ecológico e histórico da vida humana e não-  
humana na sociedade capitalista

SÃO CARLOS -SP  
2021

O METABOLISMO ENTRE HOMEM E NATUREZA: um estudo ecológico e histórico da vida humana e não-humana na sociedade capitalista

BEATRIZ FRANÇA CASTILLO

Trabalho de Conclusão do Curso  
de Bacharelado em Ciências Biológicas  
da Universidade Federal de São Carlos

Orientadora: Profa. Dra. Odete Rocha

Co-orientador: Prof. Dr. Joelson Gonçalves

São Carlos-SP  
2021

### **DEDICATÓRIA**

Dedico esta monografia a ninguém em particular. Dedico à vida da Terra e à beleza inerente a ela: à natureza velha em homeostase, ao movimento criador da evolução e aos trabalhadores e trabalhadoras do mundo todo com seu potencial de forjar a nova sociedade livre da exploração.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente aos meus pais que me deram muito para eu me tornar aquilo que sou e que me ajudaram de infinitas formas para que eu terminasse esse trabalho. Ao meu irmão pela sua companhia única e a todas as minhas amizades que me trazem enorme alegria e apoio. Aos meus camaradas do Partido Comunista Brasileiro com quem tenho o orgulho de dividir a luta da minha vida e porque sem eles eu não teria a possibilidade de escrever essa monografia: muito do que aprendi e imprimi aqui eu devo ao conhecimento forjado na luta e no trabalho coletivo dos comunistas. Agradeço à Universidade Federal de São Carlos, instituição pública e do povo que propicia a produção científica, o ensino e a extensão. E principalmente, agradeço à competência e disponibilidade dos professores Odete Rocha e Joelson Gonçalves.

“Conhecemos somente uma única ciência, a ciência da história. A história pode ser analisada sob duas maneiras: história da natureza e história dos homens. As duas maneiras, porém, não são separáveis; enquanto existirem homens, a história da natureza e a história dos homens estarão condicionadas mutuamente.”

MARX & ENGELS, 2005, p. 41

## RESUMO

A presente monografia é um esforço de compreender a forma especificamente capitalista dos problemas ecológicos de nosso tempo. Construindo um retomado histórico da relação humano e natureza, demonstra-se como o estabelecimento do capitalismo modifica a forma como as trocas materiais e energéticas são realizadas entre sociedade e meio ambiente. Dessas modificações podemos apontar a alienação do trabalhador com a terra e seu meio de trabalho, e portanto seu distanciamento com a própria natureza, a interferência nos ciclos naturais com a separação da agricultura em larga escala e da grande indústria em campo e cidade, bem como a orientação da produção sendo dada através da busca pela manutenção da taxa de lucro e não a partir das necessidades da humanidade. Tais são as contradições que o Capital criou e que são constatadas por meio de dados ecológicos como diversidade biológica, densidade e distribuição populacional e concentração de nutrientes e poluentes. A conclusão que se aponta é que a própria dinâmica do Capital se desenvolveu historicamente em contradição com a homeostase ecológica e cada vez mais essa contradição se expande e se agrava. A busca por um solução dos problemas ambientais deve perpassar necessariamente por uma compreensão político-econômica do capitalismo em vias de sua superação.

**Palavras-chave:** Ecologia marxista. Crise ambiental. Biologia dialética. Capitalismo.

## ABSTRACT

The present work is an effort to understand the specifically capitalist origin of the ecological problems of our time. Presenting a historical review of the relationship between human and nature, it is demonstrated how the establishment of capitalism modifies the way in which material and energy exchanges are carried out between society and the environment. From these changes we can point out the worker's alienation from the land and his means of work and therefore his distance from nature itself, the interference in natural cycles with the separation of large-scale agriculture and large industry in the countryside and cities respectively, as well as the orientation of production being given through the search for the maintenance of the profit rate and not through attending the humanity needs. Such are the contradictions that Capital created and that are verified through ecological data such as biological diversity, population density and distribution, as well as concentration of nutrients and pollutants. The conclusion that is pointed out is that the very dynamics of Capital have historically developed in contradiction with ecological homeostasis and this contradiction is increasingly expanding and aggravating. The search for a solution to environmental problems must necessarily permeate a political-economic understanding of capitalism on the way to overcoming it.

**Keywords:** Marxist Ecology. Environmental Crisis. Dialectical Biology. Capitalism.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Richard Lewontin.....	12
Figura 2 - Karl Marx.....	13
Figura 3 - Friedrich Engels.....	15
Figura 4 - Rosa Luxemburgo.....	27
Figura 5 - Bioma do Cerrado.....	34
Figura 6 - Tendência de urbanização por região .....	39
Figura 7 - População Urbana e Rural no Brasil em milhões de pessoas .....	39
Figura 8 - Porcentagem de populações urbana e rural no Brasil.....	40
Figura 9 - Taxa anual de desmatamento .....	46





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO: O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO METABOLISMO ENTRE HOMEM E NATUREZA.....</b>	<b>11</b>
1.1	O HOMEM E A NATUREZA.....	11
1.2	O DESENVOLVIMENTO DO CAPITALISMO.....	19
1.3	IMPERIALISMO, FASE SUPERIOR DO CAPITALISMO.....	24
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: O MARXISMO E A ECOLOGIA NA ANÁLISE DO PROBLEMA.....</b>	<b>29</b>
2.1	O MARXISMO ECOLÓGICO.....	30
2.2	A ECOLOGIA E OS SISTEMAS.....	34
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO: A ORGANIZAÇÃO SOCIAL E SUA INFLUÊNCIA NOS CICLOS NATURAIS.....</b>	<b>37</b>
3.1	A CIDADE, O CAMPO E A RUPTURA METABÓLICA.....	37
3.2	AS POPULAÇÕES URBANA E RURAL.....	38
3.3	A CICLAGEM DE NUTRIENTES, POLUIÇÃO E A PERDA DA FERTILIDADE DO SOLO.....	43
3.4	O CLIMA E A QUESTÃO ENERGÉTICA .....	45
3.5	A CRISE ECOLÓGICA E OS CAMINHOS QUE SE DESENHAM.....	47
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

# **1 INTRODUÇÃO: O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO METABOLISMO ENTRE HOMEM E NATUREZA**

## **1.1 O HOMEM E A NATUREZA**

A história da humanidade e a história natural se entrelaçam de tal forma que ambas se condicionam mutuamente. Assim o é porque há uma interpenetração ambivalente entre elas. No entanto, como veremos à frente, a relação entre homem e natureza sofrerá uma série de mudanças ao longo de suas histórias que criarão uma ruptura entre produção humana e ciclos naturais consolidada na sociedade capitalista. Tal ruptura não quer dizer que o vínculo entre humanidade e natureza serão rompidos completamente, mas apenas que a forma como essa relação se estabelece está hoje colocada de tal sorte que o homem se vê alienado da natureza e os ciclos biogeoquímicos se rompem ou se tornam mais lineares e, assim, o meio natural sofre uma série de modificações prejudiciais a muitas espécies nele viventes em decorrência da dinâmica produtiva capitalista. Mas para que compreendamos a ruptura criada pelo Capital devemos antes entender a relação original entre homem e natureza que antecede à consolidação do capitalismo.

Aqui, nos referimos à humanidade e todo o seu desenvolvimento histórico como algo que se manifesta enquanto uma parte, com caracteres distinguíveis, do todo que é o mundo natural e material que chamamos de natureza. A natureza é, por sua vez, tudo aquilo que se apresenta enquanto partes, materiais e energéticas, que mantém relações e movimentos entre si e que a partir dessa intrincada rede de interações fazem surgir características emergentes relativas ao todo, ao mundo natural. Dessa forma, a natureza não é um objeto que isoladamente possui uma existência estática ou uma essência apriorística, mas é uma relação entre partes, onde tanto as partes, como suas relações são heterogêneas e dinâmicas (LEWONTIN & LEVINS, 1985).

Assim, quando Richard Levins e Richard Lewontin (Figura 1), ao escreverem o livro “O Biólogo Dialético”, e nele afirmarem que as partes e os todos se interpenetram como “consequência da intercambialidade de sujeito e objeto, causa e efeito” eles estão dizendo que a realidade material, em seu alto nível de complexidade, possui como uma de suas características a de estar em constante movimento e a de haver influência ambivalente entre seus componentes. E que por

essa influência se manifestar nas duas ou mais vias, às vezes de forma desigual, os componentes não podem apresentar uma definição estática de “sujeito” ou “objeto” e “causa” ou “efeito”. Portanto, o que impera é o movimento. O movimento presente tanto no desenvolvimento histórico do todo, como também de suas partes e sua rede de interações.

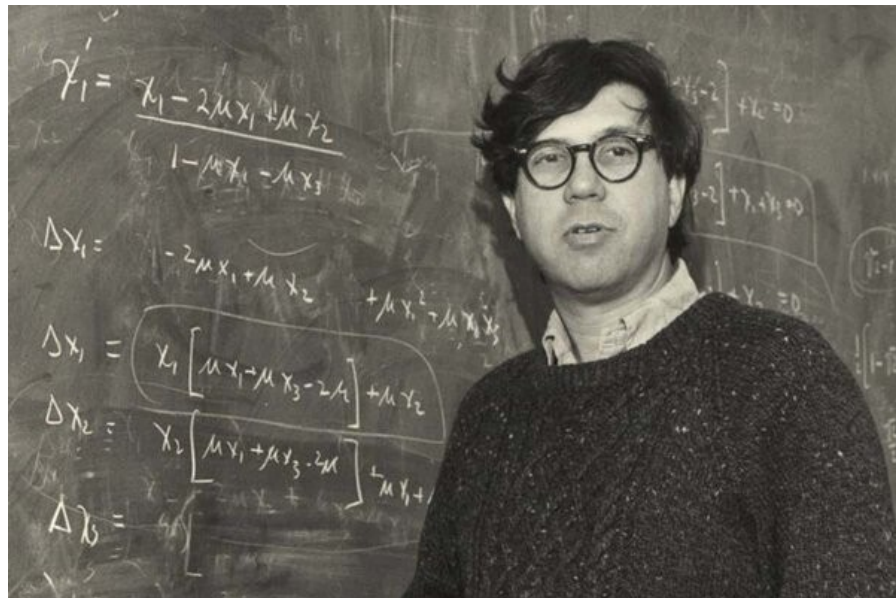


Figura 1: Richard Lewontin. Foto: Parrington, 2021. Disponível em: <<https://socialistworker.co.uk/art/52079/Richard+Lewontin+the+Marxist+geneticist>> Acesso em: 23 de novembro de 2021.

Do todo que é o mundo natural, a sociedade humana constitui uma parte. Assim como o homem é a parte de um todo que é a sociedade humana. A sociedade humana, enquanto parte e enquanto todo - a depender de qual direção se aborda - mantém sempre uma relação contínua com o mundo natural, justamente por sua indissociabilidade relacional do mesmo. Numa compreensão semelhante, Karl Marx escreveu em seus manuscritos econômicos e filosóficos de 1844, retirados de seus Cadernos de Paris:

A natureza é o *corpo inorgânico* do homem, a saber, a natureza enquanto ela mesma não é o corpo humano. O homem *vive* da natureza significa: a natureza é o seu *corpo*, com o qual ele tem de ficar num processo contínuo para não morrer. Que a vida física e mental do homem está interconectada com a natureza não tem outro sentido senão que a natureza está interconectada consigo mesma, pois o homem é uma parte da natureza. (MARX, 2004, p. 84)

Sendo assim, essa relação contínua que está colocada entre homem e o

restante da natureza – ou, na categoria marxiana, seu corpo inorgânico – deve ser abordada de tal maneira que ao tratarmos do movimento que se estabelece na própria história do homem, devemos também conectá-la – ou melhor, elucidar a conexão – com a natureza, de forma a demonstrar como a história do homem interfere no seu corpo inorgânico e como é por ela afetada. É nesse sentido, que podemos fazer uma leitura combinada de homem enquanto parte do ecossistema e homem enquanto agente modificador do mesmo. De uma maneira ou de outra, ao tratarmos da história do homem, é preciso dar a devida atenção à constante troca que ocorre no mundo material entre homem e natureza. A essa troca material, Karl Marx (Figura 2), em sua crítica à economia política, chamou de *Stoffwechsel*, palavra que tem sua tradução do alemão estabelecida como “intercâmbio material” ou “metabolismo” (FOSTER, 2005. p. 221).

Marx, como demonstrado no trecho a seguir, colocou que o metabolismo entre homem e natureza é mediado pelo trabalho.

Como criador de valores de uso, como trabalho útil, o trabalho é, assim, uma condição de existência do homem, independente de todas as formas sociais, eterna necessidade natural de mediação do metabolismo entre homem e natureza e, portanto, da vida humana. (MARX, 2017, p. 120)

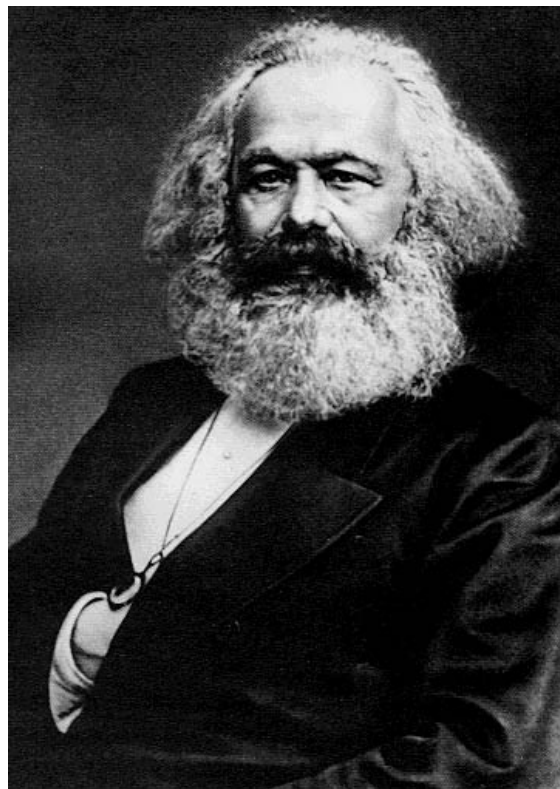


Figura 2: Karl Marx. Foto: Marx-Engels Image Gallery. Disponível em: <<https://www.marxists.org/archive/marx/photo/index.htm>> Acesso em: 23 de novembro de 2021.

Consideraremos aqui que, para se fazer um estudo do metabolismo homem x natureza na sociedade capitalista, a concepção do trabalho enquanto atividade humana que medeia, controla e regula tal metabolismo é uma categoria chave. No contexto da obra marxista a categoria trabalho é entendida da seguinte maneira:

O trabalho é, antes de tudo, um processo entre o homem e a natureza, processo este em que o homem, por sua própria ação, medeia, regula e controla seu metabolismo com a natureza. Ele se confronta com a matéria natural como com uma potência natural [Naturmacht]. A fim de se apropriar da matéria natural de uma forma útil para sua própria vida, ele põe em movimento as forças naturais pertencentes a sua corporeidade: seus braços e pernas, cabeça e mãos. Agindo sobre a natureza externa e modificando-a por meio desse movimento, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza. (MARX, 2017, p. 255)

Interessante constatar que o trabalho não é apenas uma atividade exercida pelo homem que modifica a natureza, mas também que modifica “ao mesmo tempo, sua própria natureza”. Nesse sentido, Friedrich Engels (1820-1895), em seu ensaio intitulado “O papel do trabalho na transformação do macaco em homem” faz um debate sobre a evolução da espécie humana - que apesar de conter passagens que não estão em consonância com o que se conhece hoje do processo evolutivo do homem – é um escrito marcado pela perspicácia em compreender o que hoje chamamos de coevolução gene-cultura, determinante para a explicação da história evolutiva do homem, onde o trabalho desempenha um papel fundamental de influenciar as modificações anatômicas da espécie e por elas ser influenciado:

O trabalho é a fonte de toda riqueza, afirmam os economistas. Assim é, com efeito ao lado da natureza, encarregada de fornecer os materiais que ele converte em riqueza. O trabalho, porém é muitíssimo mais do que isso. É a condição básica e fundamental de toda a vida humana. Em tal grau que, até certo ponto, podemos afirmar que o trabalho criou o próprio homem. (ENGELS, 1876)

Friedrich Engels também coloca, como conclusão da mesma lógica, que “a mão não é apenas o órgão do trabalho, é também produto dele”. No sentido de que o aprendizado social e a transmissão de cultura entre gerações foi algo que influenciou os rumos evolutivos da anatomia dos hominídeos. O trabalho, enquanto atividade teleológica de transformação da natureza realizada pelo homem, transformou o próprio homem ao mudar as condições de inserção do ambiente e assim influenciar nos seus padrões evolutivos. A construção de ferramentas e

instrumentos foi então o que caracterizou as formas iniciais de trabalho e também o traço cultural que atuou sobre a história evolutiva das mãos.

Para o paleontólogo Stephen Jay Gould “o melhor escrito sobre coevolução gene-cultura do século dezenove foi feito por Friedrich Engels em seu marcante ensaio de 1876” (GOULD, 1988). No mesmo sentido, o geneticista Lewontin e o ecólogo Levins dizem que Engels “entendeu errado muitas vezes mas entendeu certo onde importa” (LEWONTIN & LEVINS, 1985). A questão levantada por Gould, Lewontin e Levins em relação a este ensaio de Engels (Figura 3) se refere aos elementos do texto que se aproximam de e apontam para a teoria da coevolução gene-cultura. Tal teoria é um ramo da genética de populações que amadureceu a partir do último quarto do século XX e que se propõe a modelar a transmissão de genes e traços culturais entre gerações, explorando como elas interagem. As análises matemáticas feitas através da concepção de coevolução gene-cultura demonstraram que transmissões culturais podem transformar as dinâmicas evolutivas de diversas maneiras. (FELDMAN & LALAND, 1996).

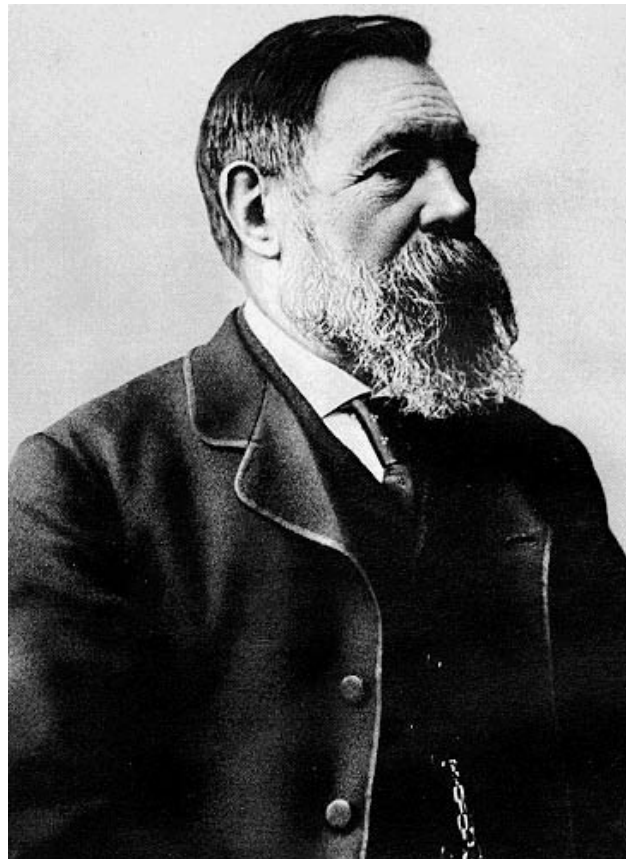


Figura 3: Friedrich Engels. Foto: Marx-Engels Image Gallery. Disponível em: <<https://www.marxists.org/archive/marx/photo/index.htm>> Acesso em: 23 de novembro de 2021.

É com essa percepção que podemos iniciar o estudo da história da humanidade entrelaçado com a história da natureza até chegarmos no foco principal deste trabalho, que é a relação metabólica entre homem e natureza no sistema produtivo capitalista. No entanto, antes de partimos para a relação entre trabalho humano e meio ambiente, continuemos a citação de O Capital referente à definição de trabalho:

Ele [o trabalho] desenvolve as potências que nela [na natureza] jazem latentes e submete o jogo de suas forças a seu próprio domínio. Não se trata, aqui, das primeiras formas instintivas, animais [tierartig], do trabalho. Um incomensurável intervalo de tempo separa o estágio em que o trabalhador se apresenta no mercado como vendedor de sua própria força de trabalho daquele em que o trabalho humano ainda não se desvincilhou de sua forma instintiva. Pressupomos o trabalho numa forma em que ele diz respeito unicamente ao homem. Uma aranha executa operações semelhantes às do tecelão, e uma abelha envergonha muitos arquitetos com a estrutura de sua colmeia. Porém, o que desde o início distingue o pior arquiteto da melhor abelha é o fato de que o primeiro tem a colmeia em sua mente antes de construí-la com a cera. No final do processo de trabalho, chega-se a um resultado que já estava presente na representação do trabalhador no início do processo, portanto, um resultado que já existia idealmente. Isso não significa que ele se limite a uma alteração da forma do elemento natural; ele realiza neste último, ao mesmo tempo, seu objetivo, que ele sabe que determina, como lei, o tipo e o modo de sua atividade e ao qual ele tem de subordinar sua vontade. E essa subordinação não é um ato isolado. Além do esforço dos órgãos que trabalham, a atividade laboral exige a vontade orientada a um fim, que se manifesta como atenção do trabalhador durante a realização de sua tarefa, e isso tanto mais quanto menos esse trabalho, pelo seu próprio conteúdo e pelo modo de sua execução, atrai o trabalhador, portanto, quanto menos este último usufrui dele como jogo de suas próprias forças físicas e mentais. (MARX, 2017, p. 255-256)

Nesse trecho, em que Marx trata de buscar um ponto diferencial entre espécie humana e outras espécies, ele opta por exemplos de animais com um sistema nervoso pouco complexo se comparado aos mamíferos superiores, para afirmar que o homem é o único animal capaz de realizar o trabalho teleológico, ou seja, com a atividade previamente idealizada e planejada em sua mente antes de realizá-la. Não está no escopo desta monografia realizar uma pesquisa sobre o tema. No entanto, é importante destacar que (1) para se fazer uma conceituação de “trabalho” nesse sentido seria necessária a demonstração de que outros animais, especialmente vertebrados e alguns invertebrados como os cefalópodes, que possuem um sistema



nervoso central altamente especializado, não teriam a capacidade de fazer uma atividade laboral nos conformes da definição de trabalho apresentada e (2) outros autores marxistas, como Georg Lukács, deram prosseguimento teórico nesta questão, complexificando o debate da ontologia do ser social - definida pelo trabalho social, que é, segundo tal ótica, exclusivamente humano (SANTOS, 2009). Podemos tranquilamente, para os objetivos dessa monografia, não assumir uma posição decisiva neste assunto ou mesmo traçar uma linha que diferencie ontologicamente homem e outras espécies. O presente trabalho utiliza-se da definição marxiana de trabalho apresentada como uma atividade que medeia, regula e controla o metabolismo entre homem e natureza, sem, no entanto, assumir que o trabalho teleológico é único e exclusivo dos homens.

Assim, tendo colocado que, a relação dinâmica entre humanidade e natureza é tal que ambas se condicionam mutuamente e que o trabalho desempenha um papel fundamental para tal relação, abordaremos agora como se dava tal associação homem e natureza em tempos pré-capitalistas.

A troca de matéria e energia entre homem e natureza é uma condição que ocorrerá enquanto existirem esses elementos na realidade. O que não quer dizer que a existência desses elementos (homem e natureza) e sua relação dinâmica são atemporais. Porque são antes de tudo construídos historicamente, quer dizer apenas que enquanto resultado de um desenvolvimento histórico de mútua influência eles não são isoláveis entre si e a dinâmica de troca material e energética é uma face de tal intercambialidade entre ambos. Por isso, se remontarmos a história natural do *Homo sapiens* ou até mesmo de outros homínídeos que constituíram nossa árvore filogenética, encontraremos práticas de vida em que essa relação e troca é observável. Por exemplo, há aproximadamente 2,5 milhões de anos atrás, os *Homo habilis* produziam instrumentos de pedra, sendo os primeiros homínídeos a estarem indiscutivelmente associados à produção de ferramentas (SILVA, 2014). As ferramentas são produto da interação da atividade dos homínídeos com a natureza: os homínídeos, que são eles próprios parte da natureza, por meio do seu corpo orgânico alteram o meio ambiente no processo de construção e após construída a ferramenta. Ao mesmo tempo, também alteram a própria dinâmica social da sua espécie, as relações ecológicas de sua população com o ecossistema e as forças evolutivas que incidem sobre o rumo de sua espécie.

É dessa forma que podemos compreender a complexidade da relação entre humanos e natureza: traçando as bases históricas dessa dinâmica e assim, observando as múltiplas determinações desse metabolismo que se inicia há milhões de anos e que se mantém em modificação ao longo do tempo, sendo a produção de ferramentas um primeiro grande exemplo dessa interação. Com o mesmo objetivo de abordar essas mudanças do metabolismo entre homem e natureza, discorreremos brevemente sobre as primeiras formas de organização social dos *Homo sapiens*.

A sociedade de caçadores-coletores é a forma mais primitiva de organização humana para manutenção da sua maneira de vida. Nela, o homem depende de plantas e animais selvagens para a obtenção de alimento e de outros recursos como peles de animais, madeira, pedras e fibras de plantas para a fabricação de ferramentas (HOYT, 1973). Nesse tipo de organização, o homem altera o ambiente e por ele é alterado através da extração de recursos do meio para consumo e para pequenas e mais simples produções.

Outro tipo bem distinto de organização social dos homens é aquela fundamentada na prática da agricultura, que data de pelo menos 10.000 anos atrás, no período neolítico (HOYT, 1973). O surgimento da agricultura, também chamado de primeira revolução agrícola ou Revolução Neolítica, permitiu que os homens tivessem mais domínio sobre a natureza, especialmente no controle de provimento de insumos para a sobrevivência. Algumas das consequências imediatas dessa mudança na organização humana foram a possibilidade de um maior crescimento populacional, posto que uma vida nômade de caçador-coletor limitava o tamanho populacional de forma proporcional à disponibilidade natural de plantas e animais para o consumo, enquanto que a vida sedentária com práticas de cultivo e criação permitiam uma expansão desse limite (GHIDINI & MORMUL, 2020).

Na agricultura, as comunidades humanas têm a melhor possibilidade de deixarem de ser nômades e se estabelecerem em um local fixo porque domesticam plantas e animais. Esse processo de domesticação é um exemplo de transformações importantes ocorridas na natureza sob influência das atividades humanas. A seleção artificial decorrente da domesticação fez com que a atividade humana acabasse se tornando uma influente força evolutiva no processo de especiação das plantas e animais, porque os humanos acabavam selecionando

indivíduos com os fenótipos de interesse a serem mantidos, muitas vezes com técnicas de manejo reprodutivo que resultavam em alterações de frequências fenotípicas entre gerações (MOREIRA, 2015).

Uma outra consequência do sedentarismo e do desenvolvimento de instrumentos e conhecimentos aplicáveis à criação e cultivo foi a possibilidade de haver excedente de produção. Na vida nômade, o homem armazenava o mínimo possível de alimento e outros objetos, porque o custo de deslocamento era muito alto. No entanto, com o sedentarismo a produção de excedentes e o armazenamento se tornou uma potencialidade a ser desenvolvida histórica e culturalmente e que afetaria tanto a forma de organização social do homem – com uma divisão do trabalho mais complexificada e a especialização de atividades artesanais e com o armazenamento de produtos que, ao não estarem sendo utilizados pela comunidade, poderiam vir a ser instrumentos de troca com outras comunidades – como a forma de seu relacionamento material com o restante da natureza. Já que o fruto do aproveitamento do ambiente poderia ser armazenado e acumulado e também que havia um maior controle da produção, “as possibilidades de ação sobre a natureza foram substancialmente expandidas” (GHIDINI & MORMUL, 2020).

Neste tipo de organização social, sedentária e agropecuária, a produção humana de alimento fornece a base histórica para a sociedade feudal e posteriormente, da sociedade capitalista – que trataremos a seguir – começarem a se estruturar. Uma das razões para tal é que a produção de excedentes econômicos é um processo relacionado com o estabelecimento das classes sociais (GHIDINI & MORMUL, 2020). A relação do homem com a natureza nesse momento já se configura com atividades sociais e conscientes que exercem uma forte influência ecológica e evolutiva sobre todas as espécies que habitam o meio, desde o homem e as plantas e animais que ele domestica até as outras espécies que por influência direta ou indireta das atividades produtivas humanas são afetadas na cadeia de relações ecológicas e que inclusive, afetam variáveis abióticas do seu meio.

## 1.2 O DESENVOLVIMENTO DO CAPITALISMO

“Toda produção é apropriação da natureza pelo indivíduo no interior de e mediada por uma determinada forma de sociedade. Nesse sentido, é uma

tautologia afirmar que propriedade (apropriação) é uma condição da produção. É risível, entretanto, dar um salto daí para uma forma determinada de propriedade, por exemplo, para a propriedade privada. (O que, além disso, presumiria da mesma maneira uma forma antitética, a não *propriedade*, como condição.) A história mostra, pelo contrário, a propriedade comunal (por exemplo, entre os hindus, os eslavos, os antigos celtas, etc.) como a forma original, uma forma que cumpre por um longo período um papel significativo sob a figura de propriedade comunal. Está totalmente fora de questão aqui indagar se a riqueza se desenvolveria melhor sob essa ou aquela forma de propriedade. Mas dizer que a produção e, por conseguinte a sociedade são impossíveis onde não existe qualquer forma [de] propriedade é uma tautologia. Uma apropriação que não se apropria de nada é uma *contradictio in subjecto*.” (MARX, 2011, p. 43)

A partir de tal passagem em *Grundrisse*, manuscritos econômicos preparatórios para o grande trabalho de Marx, “O Capital”, podemos desenvolver quatro importantes ideias para o presente trabalho. A primeira é que o homem, sendo um ser orgânico com necessidades naturais que emergiram ao longo de sua história evolutiva e que devem ser atendidas para sua sobrevivência, precisa necessariamente se apropriar de elementos da natureza. Tais elementos são aqueles que fazem parte da relação espécie e ambiente que deu a base material para a evolução de ambos. A segunda ideia é que, por o homem ser um animal social, toda apropriação da natureza feita por nossa espécie ocorre “dentro e através de uma forma específica de sociedade”. Assim, embora existam distintos tipos de organização social, a apropriação da natureza sempre ocorrerá, podendo se modificar a forma que ela ocorre (através da propriedade comunal, da propriedade feudal, da propriedade privada, etc.).

A terceira ideia que podemos trabalhar a partir deste trecho é a colocação de que a propriedade comunal demonstra ser a forma original, primária, de apropriação da natureza por uma sociedade. Nesse sentido, a propriedade privada no capitalismo é apenas uma das formas de apropriação da natureza. Não sendo ela um imperativo para a nossa existência, podemos, sem correr o risco de sermos utópicos ou idealistas, contestar sua conservação em um mundo que a relação produção capitalista x natureza está cada vez mais provando-se antagônica à manutenção da homeostase dos ecossistemas, à conservação da biodiversidade e às condições ambientais propícias para a nossa e tantas outras espécies.

Por fim, essa passagem também nos dá o vislumbre do problema da alienação do ser humano à natureza como uma consequência do advento da propriedade

privada. Isto porque tal forma de propriedade requer a existência da não-propriedade em contradição: homens e mulheres não são mais proprietários dos meios que garantem a reprodução das vias de suas subsistências e a apropriação da natureza para tal. No lugar, poucos homens têm essas propriedades. O que significa que o metabolismo entre homem e natureza, a apropriação da natureza por parte do homem, ocorre mediada por essas propriedades privadas, que não pertencem ao todo da sociedade, e que portanto, aparta todos os não-proprietários da relação direta e íntima com a terra e a natureza. Nesse sentido, que Foster afirma que:

[...] o sistema da propriedade privada capitalista, distinto tanto da propriedade comunal, quanto da propriedade privada enraizada na propriedade da terra pelo trabalhador-agricultor individual, surge através da ruptura de qualquer conexão direta entre a massa da população e a terra – muitas vezes pela remoção forçada. (FOSTER, 2005, p. 238)

Quando formos tratar do metabolismo homem x natureza, que é mediado pelo trabalho, devemos considerar, como afirma Kohei Saito (SAITO, 2021, p. 86), que o “desempenho concreto do trabalho humano assume várias ‘formas’ econômicas em cada estágio de desenvolvimento social e, conseqüentemente, o conteúdo do metabolismo transistórico entre humanos e natureza varia significativamente”. Ou seja, as relações de produção e de trabalho, ao se modificarem ao longo do curso do desenvolvimento da sociedade, modificam também a natureza da relação humano e meio ambiente. A partir daí, podemos discernir o que é específico à sociedade capitalista quando tratamos do *Stoffwechsel* ser humano e natureza, recapitulando como tal ponto se configura na história da humanidade em suas distintas etapas de desenvolvimento social.

A propriedade pré-capitalista em sociedades comunais possui uma heterogeneidade de formas. No entanto existem elementos comuns que as caracterizam:

O ponto chave sobre a questão é: em todas estas formas, nas quais a propriedade da terra e a agricultura constituem a base da ordem econômica e, conseqüentemente, o objetivo econômico é a produção de valores de uso, isto é, a reprodução dos indivíduos em determinadas relações com sua comunidade, da qual constituem a base, encontramos os seguintes elementos:

1. Apropriação das condições naturais de trabalho: da terra como o instrumento original de trabalho, ao mesmo tempo laboratório e reservatório

de matérias primas; entretanto, apropriação que se efetua não por meio do trabalho, mas como condição preliminar do trabalho. O indivíduo, simplesmente, considera as condições objetivas de trabalho como próprias, como a natureza inorgânica de sua subjetividade, que se realiza através delas. A principal condição objetiva de trabalho, em si, não se mostra como o produto do trabalho mas ocorre como natureza. De um lado, temos o indivíduo vivo, do outro a terra como a condição objetiva de sua reprodução.

2. A atitude em relação à terra, à terra como propriedade do indivíduo que trabalha, significa que o homem mostra-se, desde o princípio, como algo mais do que a abstração do "indivíduo que trabalha", tendo um modo objetivo de existência na propriedade da terra, que antecede sua atividade e não surge como simples consequência dela, sendo tanto uma pré-condição de sua atividade, como é sua própria pele, como são os seus órgãos sensoriais, pois toda a pele, e todos os órgãos dos sentidos são, também, desenvolvidos, reproduzidos, etc. , no processo da vida, quanto pressupostos deste processo de reprodução. A mediação imediata desta atitude é a existência do indivíduo — mais ou menos naturalmente evoluída, mais ou menos historicamente desenvolvida e modificada — como membro de uma comunidade; isto é, sua existência natural como parte de uma tribo, etc. (MARX, 1985, p. 77-78)

Com isso, podemos afirmar que o homem e a natureza mantêm uma relação direta e imediata nesse tipo de apropriação, o que vai diferenciá-la da propriedade fundiária feudal e a propriedade privada capitalista.

A sociedade feudal era predominantemente agrária (HUNT, 2013). Nela, a forma de propriedade se deu de tal forma que o senhor feudal a possuía e aparecia na “condição de corpo inorgânico de seu senhor” (MARX, 2004, p.74) assim como os próprios servos constituíam-se como parte também desse corpo inorgânico. Ou seja, a propriedade do rei se manifesta como algo contínuo à ele, do qual ele tem o domínio político e de jurisdição. Por isso, a propriedade feudal era a terra estranhada dos homens que nos feudos viviam enquanto servos, daí quando se inicia a dominação da propriedade atrelada a um certo nível de alienação do homem com a natureza e consigo mesmo (SAITO, 2021). Tal alienação do homem, com seu entorno e com seu trabalho, se intensifica no sistema produtivo que procederá: o capitalista.

O que vai distinguir o capitalismo do feudalismo é que no sistema feudal havia uma certa unidade dos produtores com a terra e sua dominação pelo senhor feudal era mantida através do monopólio da violência e dos privilégios inatos do mesmo. Além do que, por conta dos servos serem parte da propriedade do senhor, suas condições objetivas de produção e reprodução e modo de existência física deviam estar em certa medida garantidas. Por outro lado, no capitalismo, não há tal garantia

dos meios de sobrevivência dos trabalhadores assegurada: os indivíduos são sujeitos “livres”, devendo buscar vender sua força de trabalho a um burguês para garantir sua existência física. Tal subordinação da produção e da força de trabalho não está imediatamente ligada a uma dominação direta e pessoal daqueles que constituem a classe dominante, como no caso do feudalismo, mas é uma subordinação ao poder de reificação do capital. Dessa forma, no capitalismo, a dominação é não pessoal, reificada pelo capital e os trabalhadores, que passam pelo processo de assalariamento, perdem sua conexão direta com a terra. Nesse sentido, que a “propriedade privada como domínio das relações reificadas de mercadoria e dinheiro emerge de uma perda da unidade original entre produtores e suas condições objetivas de produção” (SAITO, 2021, p. 61).

Para explorarmos mais deste ponto da separação do homem da terra no capitalismo podemos recorrer às considerações feitas por John Bellamy Foster em seu livro “A Ecologia em Marx”. Nele, Foster aponta como o desenvolvimento do capitalismo teve como cerne o estabelecimento da grande propriedade fundiária, a qual cumpriu o papel de expulsar os homens do campo e jogá-los nos braços das indústrias em grandes centros urbanos. O que teve como resultado, a exacerbação das contradições entre as necessidades naturais de sustento e sobrevivência dos homens e o resultado ecológico de suas atividades produtivas (FOSTER, 2005). E podemos relatar isso a partir da própria obra marxiana:

A grande propriedade do solo reduz a população agrícola a um mínimo em diminuição constante e opõe-lhe uma população industrial cada vez maior, aglomerada em grandes cidades, gerando assim as condições para uma ruptura irremediável no metabolismo social, prescrito pelas leis naturais da vida; dessa ruptura decorre o desperdício da força da terra, o qual, em virtude do comércio, é levado muito além das fronteiras do próprio país. (MARX, 2019, p. 873)

Cabe destacar, portanto, que o capitalismo, em sua origem, é responsável por distanciar o homem da terra e da natureza além de criar uma dinâmica ecológica distinta das já vistas na história da humanidade. Esta dinâmica, caracteriza-se por apresentar polos urbanos de alta concentração populacional e alto consumo de recursos e, por outro lado, territórios campestres de alta produção de biomassa vegetal que têm seus produtos transportados para as cidades. Essa separação tem como efeito o que Marx chama de *ruptura metabólica*: a interrupção de movimentos e ciclos ecológicos, decorrente da conformação social humana, de tal sorte que a

sustentabilidade do sistema (ecológico e social) se vê comprometida. Assim, nas cidades se produzem resíduos poluentes, industriais e domésticos (como o esgoto), que são descartados e não retornam ao solo do qual se plantou os produtos consumidos nas cidades. Como resultado, a terra no campo fica cada vez mais infértil porque o ciclo de retorno de nutrientes está interrompido, e as cidades acumulam dejetos poluentes que perturbam o ecossistema já que os seres vivos da região se deparam com novas variáveis ambientais das quais eles não estavam adaptados.

Além da perda da conexão direta entre o homem e a terra e a ruptura metabólica, no capitalismo, a “alocação de todo o trabalho e a distribuição de todo o produto sob a produção de mercadorias são arranjadas pela mediação do ‘valor’ “ (SAITO, 2021, p. 141). Por conta de o valor de troca ser aquele que representa a razão da produção, os produtores não realizam um planejamento consciente entre eles no que se trata da produção geral. Por conta disso, o metabolismo entre homem e natureza que é justamente a produção social, posto que toda produção é uma forma de apropriação da natureza, se vê mediado pelo valor. E é aqui que repousa, nas palavras de Kohei Saito, “o germe de uma relação contraditória entre natureza e sociedade com o desenvolvimento da produção capitalista” (SAITO, 2021, p. 142). Mediada pelo valor, a atividade produtiva ocorrerá seguindo os ditames do Capital e não conforme o uso racional e sustentável dos recursos apropriados para a produção.

É desta maneira, portanto, que podemos afirmar que na gênese da sociedade capitalista há uma dissolução da unidade original entre o homem e a terra, que, em efeito, leva a alienação homem e natureza a uma expressão caracteristicamente capitalista e que está no cerne da corrente crise ecológica. Ou como, escreve Marx, ao se referir a tal dissolução da unidade original:

O que tem de ser explicado é a *separação entre essas condições inorgânicas da existência humana* [condições naturais e inorgânicas de seu metabolismo com a natureza e, portanto, sua apropriação da natureza] e a *existência ativa, uma separação somente completada, plenamente, na relação entre o trabalho-assalariado e o capital.* (MARX, 1985, p. 82)

### 1.3 IMPERIALISMO, FASE SUPERIOR DO CAPITALISMO

O sistema produtivo capitalista, como já abordamos acima, cria uma série de



contradições que se manifestam entre a produção humana e os ciclos naturais. Assim também o é na fase superior mais complexificada e expandida do capitalismo que se configura com o surgimento dos monopólios, decorrência inevitável da livre concorrência capitalista. Tal conformação do capitalismo expandido globalmente, se apresenta como imperialismo e seus efeitos no metabolismo entre homem e natureza são por alguns autores, como Brett Clark e John Bellamy Foster, chamados de imperialismo ecológico (CLARK & FOSTER, 2009).

Para Lenin, os monopólios presentes na etapa imperialista do capitalismo eram justamente aqueles que viriam a agudizar a luta pela conquista das mais importantes fontes de matérias-primas (LENIN, 1916). É nesse caminho que podemos partir para tratarmos das contradições ambientais presentes entre países imperialistas e os países da periferia do capitalismo: os países imperialistas, para garantir a expansão de seus monopólios e a manutenção das suas taxas de lucro, superexploram a força de trabalho nos países periféricos assim como os recursos naturais de seus territórios. Tal apropriação das matérias-primas em nível global já se observava no século XIX, como constata Foster:

[...] as contradições associadas com este desenvolvimento [da grande indústria e da agricultura em larga escala capitalistas] eram de caráter global. Como Marx observou no volume 1 do *Capital*, o fato de que o “desejo cego de lucro” havia exaurido o solo da Inglaterra podia ser visto diariamente nas condições que “obrigava a adubar os campos ingleses com o guano” importado do Peru. O mero fato de as sementes, o guano, e assim por diante, serem importados “de países distantes”, observou Marx nos *Grundrisse* (1857-1858), indicava que a agricultura no capitalismo havia cessado de ser “auto-sustentável”. (FOSTER, 2005, p.220)

Esse trecho se refere às consequências da agricultura em larga escala aplicada na Europa e nos Estados Unidos que levaram à degradação da fertilidade de seus solos. Para garantir a continuidade da produção rural, esses países expandiram a ruptura metabólica que já existia entre campo e cidade em nível global, apropriando-se do guano e do nitrato da América Latina, para servirem como fertilizantes de suas terras. Com isso, a partir de 1841, a Grã-Bretanha passou a explorar o guano do Peru, escravizando chineses para tal atividade, enquanto que os Estados Unidos, em 1856, aprovou o Ato das Ilhas de Guano que o autorizava a se apropriar, para a exploração de guano, ilhas das Américas. Também no século XIX, o Império Britânico explorou as reservas de nitrato na Bolívia, no Peru e no Chile (CLARK & FOSTER, 2009).

A exploração do guano, material rico em nutrientes resultante do acúmulo de fezes de aves marítimas, foi um exemplo da própria insustentabilidade da agricultura capitalista que passou a requerer o transporte por largas distâncias de fertilizantes. Tal transporte aprofundou a ruptura no metabolismo natural e social, porque limitou as condições para uma agricultura sustentável nos países explorados além de ter acelerado o esgotamento dos recursos naturais (SAITO, 2021).

Tal exploração trouxe grandes devastações ambientais, além de ter trazido subordinação política e econômica para os países latinos, que sofriam violência e pressão política dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha para garantir a exportação dos fertilizantes vantajosa para os imperialistas. Dessas devastações ambientais podemos citar a diminuição do número de aves marinhas, posto que seus ninhos foram destruídos com a extração de guano, além da redução crescente dos estoques de guano já que os mesmos pararam de ser produzidos pelas aves que não encontraram mais local propício para sua reprodução onde costumavam se estabelecer. Por isso, esse exemplo ilustra o que caracteriza o imperialismo ecológico: a profunda exploração e exaustão de recursos naturais e o agravamento de uma relação de produção com a natureza incapaz de sustentar a si mesma com o tempo, cujos problemas sociais, econômicos e ambientais recaem muito mais sob os países da periferia do que os sob os países imperialistas. (CLARK & FOSTER, 2009; SAITO, 2021). Assim, podemos afirmar também que

O padrão de solidificação do poder imperialista se dá através de ciclos de expansão e acumulação por espoliação, transferindo-se para além do capital financeiro, como também para o capital material e natural, resultando na pilhagem do meio ambiente nas regiões mais afastadas dos blocos de poder hegemônicos. (MEDEIROS & RIBEIRO, 2021, p.146).

Para tratarmos com maior profundidade este fenômeno de exploração estrangeira de terra, recursos e força de trabalho característico do imperialismo resgatemos o pensamento de Rosa Luxemburgo (Figura 4) no que diz respeito à acumulação de capital. Para Rosa, é fundante considerar que o capitalismo surge e se desenvolve em um contexto social não-capitalista e que o processo de acumulação é uma relação entre o capital e tal meio não-capitalista. A acumulação, portanto, ocorre graças à possibilidade das economias não-capitalistas, como é o caso das economias naturais e da economia simples de mercado, serem dissolvidas contínua e progressivamente pelo capitalismo (LUXEMBURGO, 1970).

A economia natural é aquela que se baseia numa dependência dos meios de produção e das forças de trabalho e que não possui como necessidade a saída de produtos excedentes. Temos assim como exemplo de economia natural as relações de servidão feudal, assim como as comunidades camponesas primitivas com propriedade comunal. Diante da economia natural, o capital realiza diversos mecanismos violentos e econômicos com os objetivos de apropriar-se diretamente de fontes de forças produtivas – como a terra e os recursos naturais – e de destituir os trabalhadores de seus meios de trabalho, tornando-os operários “livres” para vender sua força de trabalho ao capital na forma de trabalho assalariado. Foi dessa maneira que se consolidou o capitalismo na Europa: a partir da expropriação da massa dos camponeses de suas terras, que foram jogados nos centros urbanos para desenvolver as grandes indústrias (LUXEMBURGO, 1970).



Figura 4: Rosa Luxemburgo. Foto: Wikipédia.  
Disponível em:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/Rosa\\_Luxemburg](https://en.wikipedia.org/wiki/Rosa_Luxemburg)>.  
Acesso em: 23 de novembro de 2021.

É também de forma similar que a política colonial e imperialista se comporta: os países imperialistas buscam introduzir, onde não há, a propriedade privada em

nações estrangeiras e partem para a apropriação de terras e recursos, a criação de uma massa de trabalhadores “livres” e de um exército industrial de reserva e a imposição de pressões econômicas e de violência política para cumprirem seus objetivos de acumulação em detrimento de nações periféricas (LUXEMBURGO, 1970). Assim, quando, por exemplo, no Brasil e em outros países do Sul Global a burguesia latifundiária apropria-se de terras públicas, ela está encabeçando o processo de acumulação primitiva para sustentar sua crescente taxa de lucro, processo esse que é perene no capital global.

Tendo isso colocado, podemos afirmar que o imperialismo, por conta da própria natureza da acumulação do capital elucidada por Rosa, desencadeia o agravamento da ruptura metabólica em nível global bem como propicia a exploração e devastação ambiental em escala acentuada nos países periféricos.

No entanto, não são apenas essas as consequências ambientais. O processo de colonização praticado pelos Europeus globo afora com o objetivo de acumular capital, também concebeu o contato entre populações humanas e de outras espécies que estavam apartadas geograficamente, o que favoreceu o surgimento de epidemias e pragas. Isso ocorre devido ao fato de que populações por muito tempo isoladas com um determinado tipo de biota se encontra adaptada a ela. Mas, quando novos organismos se defrontam com essas populações, muitas vezes, a fisiologia e a anatomia de seus indivíduos bem como as relações ecológicas destas populações sofrem perturbações, por não estarem adaptadas a esse novo contato. Essas perturbações podem se manifestar na forma de epidemias, como foi o caso das trazidas pelos ibéricos aos indígenas da América do Sul no século XVI (CROSBY, 2011).

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: O MARXISMO E A ECOLOGIA NA ANÁLISE DO PROBLEMA**

O comportamento das partes de um ecossistema não está subordinado a um princípio abstrato de organização geral de um estado de equilíbrio estático e de harmonia. Assim, esse trabalho não parte do pressuposto de que exista uma harmonia intrínseca ao modo organizacional dos ecossistemas e que existam elementos externos ou internos ao sistema que estejam perturbando dita harmonia ao se por sob a luz o problema ecológico do nosso século. Pelo contrário, é observável que a natureza está em constante movimento, seja no processo de evolução das espécies, seja nas trocas materiais e energéticas nos ecossistemas ou até mesmo no movimento interno às células e seres vivos que realizam a homeostase. Ou seja, o que há é um equilíbrio dinâmico, em que se conserva algumas características biológicas do sistema enquanto sucedem-se mudanças continuadas.

É pela razão de haver constantes movimentos e relações entre elementos da natureza que não se deve fazer uma leitura estática ou apriorística de como foi ou deveria ser a dinâmica entre homem e meio ambiente. Por esse motivo também, que ao tratarmos de dita dinâmica é necessário fazê-lo historicamente, considerando a contingência das mudanças como determinantes para os processos metabólicos atuais.

É através desse entendimento que podemos tratar a relação entre homem e natureza no capitalismo como mais uma das formas desenvolvidas historicamente dessa relação, sem recair na fantasia de que haveria alguma maneira de superar as contradições ecológicas existentes no concreto: como parte da própria complexificação dos ecossistemas, suas partes enfrentam movimentos contraditórios entre si e dessas próprias dinâmicas, resultam-se o movimento do todo. O que nos resta, a partir de tal perspectiva, é compreender os aspectos da crise ecológica historicamente, identificando suas características particulares e sem

crer que havia ou haverá um momento em que a relação homem e natureza chegaria em um estado de equilíbrio estático e sem contradições.

Essa abordagem que considera a contingência histórica e o movimento entre partes do mundo material é apropriada tanto pela ciência ecológica como pela filosofia marxista. Nesse sentido, exploraremos ambas as esferas, relacionando-as entre si e às questões pertinentes desta monografia.

## 2.1 O MARXISMO ECOLÓGICO

O materialismo dialético, ou filosofia marxista, é uma abordagem do conhecimento que distingue os processos materiais e reais dos processos ideais e do pensamento e a partir desta distinção estabelece a primazia do material sobre o ideal, ou seja, sua independência e antecedência do segundo, apesar de ambos estarem em unidade, se relacionando. A partir da filosofia materialista e dialética surge então a ciência que tem como seu objeto a História: o materialismo histórico. E é do materialismo histórico que partem os conceitos como modo de produção, trabalho e formação social utilizados neste trabalho (POULANTZAS, 1972).

Desenvolvida em um berço histórico de influências filosóficas distintas - desde Demócrito, Epicuro, Lucrécio até Hegel e Feuerbach (FOSTER, 2005) – o materialismo dialético concebido por Marx e Engels é a filosofia que fundamenta aquilo que chamamos de biologia dialética assim como o marxismo ecológico, que diz respeito aos aspectos da teoria marxista que se relacionam com a questão da natureza (CHACHÉ, 2020).

O marxismo ecológico engloba distintos aspectos teóricos importantes para compreendermos as questões do mundo natural na sociedade capitalista, das quais podemos citar a alienação do homem com a terra e a natureza; as transformações resultantes do trabalho, como atividade mediadora entre homem e natureza; a ruptura metabólica e a dialética da natureza.

A alienação do homem com a natureza se trata do resultado da já mencionada dissolução da relação direta entre homem e terra ocorrido com o advento da propriedade fundiária. Porque através dessa separação entre homem e a terra (seu meio de trabalho) que o capitalismo consegue impor a relação de capital e trabalho assalariado – necessária para a acumulação de capital – que a revolução burguesa

e os processos de colonização capitalistas impõem tal separação. A alienação do trabalhador no capitalismo ocorre portanto em duas esferas: a alienação de seu próprio trabalho e a alienação da natureza.

Na alienação de seu trabalho, o trabalhador se vê estranhado do produto de seu próprio trabalho porque o que ele produz e os meios que ele utiliza para produzir não pertencem a ele (MARX, 2004). Dessa forma, o trabalhador na sociedade capitalista está alienado de seu trabalho e isso é consequência da imposição da relação capital e trabalho assalariado existente em um contexto social do qual o trabalhador não é possuidor dos seus meios de trabalho e tem sua força de trabalho como única mercadoria disponível para a venda. Tudo isso, portanto, é consequência da destituição dos meios de produção do trabalhador, que na gênese do capitalismo, se centrou nos processos de cercamento na Inglaterra, no século XVI, o que nada mais era que o roubo das terras das mãos dos camponeses (FOSTER, 2005).

Assim como a alienação do trabalho está historicamente atrelada com a dissolução da relação direta entre homem e a terra, a alienação da natureza também o está: o homem não garante mais seus meios de subsistência por meio de uma explícita relação com a natureza, mas sim, mediado por uma relação de trabalho reificada pelo capital. Isso significa, que em sua gênese, o capitalismo precisou destituir o homem de sua terra e seu meio de trabalho para que o trabalhador não tivesse nada para vender a não ser sua força de trabalho e assim, se submetesse ao assalariamento, necessário para a dinâmica econômica do Capital. Este é o primeiro aspecto importante da teoria marxista ecológica: o capitalismo se estabelece historicamente com a alienação do homem com a natureza.

Um segundo aspecto a ser ressaltado seria o que diz respeito às transformações resultantes do trabalho – regulador e mediador da interação homem e meio ambiente. Podemos afirmar que, no que diz respeito à consciência humana de sua própria atividade, tais transformações podem ocorrer de duas maneiras. Essas modificações podem ser dadas de maneira premeditada na qual o homem se apropria dos recursos do mundo natural para, como consequência direta de tal apropriação, atender suas vontades e necessidades. Também podem ocorrer como resultado não previsto das interações entre produção humana e ecossistema

(SAITO, 2021). As transformações deste segundo tipo possuem certo grau de imprevisibilidade devido à alta complexidade de elementos e relações nos ecossistemas em contraste com o limitado entendimento humano das variáveis que estão envolvidas com determinada atividade produtiva.

É desta divergência entre o funcionamento da própria natureza perante a produção humana e o entendimento do homem de tal funcionamento que Engels aponta o caminho para o domínio da natureza:

[...] Assim, a cada passo, os fatos recordam que nosso domínio sobre a natureza não se parece em nada com o domínio de um conquistador sobre o povo conquistado, que não é o domínio de alguém situado fora da natureza, mas que nós, por nossa carne, nosso sangue e nosso cérebro, pertencemos à natureza, encontramos-nos em seu seio, e todo o nosso domínio sobre ela consiste em que, diferentemente dos demais seres, somos capazes de conhecer suas leis e aplicá-las de maneira adequada. (ENGELS, 1876)

Tal compreensão de domínio da natureza gira em torno da ideia não de que o homem pode se desvencilhar das leis naturais, mas de que quanto melhor o entendimento do homem sobre as mesmas, mais ele estará consciente de sua relação com a natureza e suas conseqüências, o que por sua vez, lhe dará mais possibilidades de interagir com seu meio de tal forma que o cumprimento de suas vontades se realize. No entanto, para além da questão do conhecimento das leis naturais existe um outro elemento determinante que interpela a possibilidade de domínio da interação entre homem e natureza: a produção (e portanto, a forma de apropriação e interação com a natureza) reificada pelo capital.

Como já dito anteriormente, aquilo que determina o metabolismo entre homem e natureza é o movimento de acumulação capitalista, o que não nos levaria ao “domínio da natureza” Engelsiano. O homem assim, não consegue coletiva e conscientemente governar sua relação com a natureza de forma a satisfazer suas vontades. Vontades essas que podem ser, por exemplo, a garantia de sua subsistência material, a manutenção da biodiversidade e da qualidade do ar, da água e do solo, a proteção do modo de vida de outros humanos ou de outros seres vivos, etc. No sistema de produção capitalista, estas vontades só podem ser satisfeitas diante de um limite bastante demarcado que é a submissão das mesmas às leis do Capital.

Quando nos referimos a essa relação entre homem e natureza reificada pelo



Capital podemos recorrer a um conceito central na ecologia marxista que é o de ruptura metabólica. A ruptura metabólica diz respeito ao metabolismo – *Stoffwechsel* – que para Marx, significa o movimento da matéria que ocorre entre a sociedade e o meio ambiente (FOSTER, 2005). Podemos considerar esse movimento então como as trocas energéticas entre os seres vivos, os ciclos de nutrientes e de água e todas as formas de relações ecológicas bióticas e abióticas que se apresentam nessa interação.

A ruptura metabólica, portanto, significa que esses ciclos naturais e essas trocas sofreram alterações que impediram e impedem que eles se completem. Por exemplo, quando, com o advento da propriedade privada fundiária, estruturaram-se os polos da cidade e campo, os nutrientes do solo extraídos para a produção alimentar que sustentava a vida na cidade não retornavam àquele solo porque eram descartados nos esgotos urbanos (MARX, 2019). Este é um caso de ruptura metabólica que Marx descreve em “O Capital”. Mas a ruptura metabólica pode se apresentar em diversos outros contextos em que a relação entre homem e natureza está desvirtuada e embora ela tenha seu surgimento coincidente historicamente com o desenvolvimento do capitalismo tal ruptura pode continuar existindo em outros sistemas produtivos, se não buscarmos estabelecer um domínio da natureza adequado à sua superação.

Por fim, falemos agora da dialética da natureza. “A Dialética da Natureza” é uma obra incompleta escrita por Engels entre 1873 e 1886 que deu o pontapé inicial para uma discussão ainda bastante viva no marxismo. Neste livro, Engels discute aspectos das ciências naturais e busca desenvolver as descobertas científicas da época com uma abordagem metodológica condizente com a dialética materialista (ENGELS, 2020). É a partir dessa aproximação filosófica que Engels desdobra a noção da dialética emergentista, que consiste em compreender a realidade material como uma estrutura multinível em termos de complexidade e que cada nível apresenta propriedades distintas e leis irreduzíveis (KANGAL, 2020).

Assim, conforme a matéria se ordena em níveis mais complexos, emergem novas propriedades deste nível que não seriam deduzíveis apenas da observação das partes que compõem aquele todo mais complexo. Em vista disso, com a dialética materialista, a Ciência se organiza em torno da ideia de que o todo é composto por partes contraditórias e que a relação e organização dessas partes

fazem surgir novas propriedades relativas ao todo que não se encontrariam nas partes isoladas. Tal perspectiva se opõe com a visão do materialismo mecanicista dos séculos XVII, XVIII e XIX que apostava na compreensão da realidade a partir da decomposição e do estudo isolado das partes do todo, método defendido e utilizado por René Descartes em seu Discurso do Método (DESCARTES, 2005).

Assumindo então a emergência das propriedades em uma realidade multinível, o constante movimento da matéria, as contradições presentes nas relações materiais e a dinâmica entre todo e partes, as ciências naturais e a filosofia marxista contribuem e avançam mutuamente. Um exemplo concreto que podemos dar a respeito deste encontro é o trabalho de Lewontin e Levins sintetizado em “O Biólogo Dialético”: um geneticista e um ecólogo marxistas que advogaram por uma ciência consciente de sua própria filosofia e que tal ciência haveria de ser materialista e dialética (LEWONTIN & LEVINS, 1985).

## 1.2 A ECOLOGIA E OS SISTEMAS

A biologia dialética compreende o todo como uma estrutura contingente (ou seja, que acumula elementos e interações historicamente) e que apresenta uma interação recíproca com as partes que compõem esse todo e com o todo ainda maior da qual ela faz parte. Em sentidos práticos podemos tomar como exemplo o todo como o Bioma do Cerrado (Figura 5), suas partes em interação mútua como as populações e os componentes abióticos que o compõem e o todo do qual o cerrado faz parte e se relaciona como sendo o restante da biosfera. O elementar dessa abordagem é que nem o todo e nem suas partes definem completamente cada conteúdo: é o resultante da interação e do movimento entre eles que o fazem. Para além disso, essas interações são heterogêneas, ou seja, algumas são mais relevantes para a determinação dos elementos que outras (LEWONTIN & LEVINS, 1985).



Figura 5: Bioma do Cerrado Foto: Embrapa. Disponível em: <<https://embrapa.br>> Acesso em: 24 de novembro de 2021.

Exemplificando tais interações em nível de comunidade pode-se afirmar que elas podem ocorrer de maneira direta – como seria o caso das relações entre espécies de predador-presa e de simbiose – e também de maneira indireta, quando uma espécie modifica o ambiente comum à outra, por exemplo (LEWONTIN & LEVINS, 1985). Essas interações de um ecossistema são o objeto de estudo da ecologia e não foi apenas mediante a abordagem materialista dialética e da influência exercida por cientistas marxistas – como Vernadsky, Budyko, Vavilov, Uranovsky, Bukharin, Bogdanov, Levins e Lewontin – que essa ciência avançou para compreender esses aspectos dialéticos do mundo natural. De fato, a Ecologia caminhou sobre seus próprios pés bem como através da influência do desenvolvimento de outras ciências, como a física e a matemática, e da influência da Filosofia para chegar a princípios muito similares ao da dialética da natureza.

Dentre os paradigmas que podemos citar como aproximados a esses princípios há a ecologia sistêmica, a teoria dos sistemas e a cibernética. A Ecologia sistêmica tem sua ascensão com a concepção organísmica da Biologia, que é resultado de uma síntese entre as teorias mecanicista e vitalista. O pensamento sistêmico advindo da biologia organísmica considera que o sistema significa “um todo integrado cujas propriedades essenciais surgem das relações entre suas partes” (CAPRA, 2006, p. 39). Assim, esse pensamento sistêmico na Ecologia vai avançando ao incorporar modelagens matemáticas com empréstimos realizados da cibernética e também ao relacionar a ecologia com as Leis da Termodinâmica, com a proeminência do trabalho de Odum (DA SILVA, 2015).

Outro avanço importante ocorre em 1947, quando Karl Ludwig von Bertalanffy elabora sua Teoria Geral dos Sistemas que inflama a ecologia para dar novos grandes passos em direção ao pensamento sistêmico. Das contribuições de Bertalanffy podemos citar a elaboração da ideia de organismos enquanto sistemas abertos. Mantendo uma relação constante de troca de energia e matéria com o ambiente mas apresentando processos metabólicos próprios, o organismo enquanto um sistema aberto pode dessa forma realizar a manutenção de sua homeostase enquanto adia o estado de entropia total até o momento de sua morte. (DA SILVA, 2015).

São dessas perspectivas de uma ecologia sistêmica ou dialética que parte este trabalho: para interpretar corretamente as dinâmicas ecológicas próprias do nosso

tempo histórico é necessária uma abordagem que leve em conta não somente a totalidade das relações ecológicas entre os elementos da Terra mas também a complexidade dos sistemas presentes nela, que estão em constante relação e movimento. Tais sistemas compreendem não só os ecossistemas aquáticos e terrestres, mas também os sistemas sociais e econômicos, dos quais se desenvolvem conjuntamente. Por isso, o objeto deste trabalho é o estudo da produção capitalista em seu diálogo com a Ecologia.

### **3 DESENVOLVIMENTO: A ORGANIZAÇÃO SOCIAL E SUA INTERFERÊNCIA NOS CICLOS NATURAIS**

Como já foi colocado, a organização humana em sociedade proporciona uma série de alterações ecossistêmicas. A seguir, discutiremos dados ecológicos que expressam a ruptura metabólica num contexto social especificamente capitalista.

#### **3.1 A CIDADE E O CAMPO E A RUPTURA METABÓLICA**

Há uma tendência geral globalizada de consolidação de grandes centros urbanos e aumento da população urbana em detrimento da população rural (JUNIOR, 2017). Dessa tendência algumas consequências podem ser destacadas. Primeiro, a redução da população heterotrófica no espaço agrícola em contraste com a alta produção primária bruta da comunidade ao mesmo tempo que nos centros urbanos a população heterotrófica satura-se ao ponto de que a energia e os recursos que sustentam a cadeia alimentar precisam ser transportados de outro espaço geográfico, tornando a cidade o que chamamos de um ecossistema heterotrófico. Este desbalanço de produção e consumo em espaços parcialmente descontinuados como campo e cidade são um dos elementos que constituem a ruptura metabólica entre homem e natureza. Uma segunda consequência da tendência de concentração da população humana em grandes centros urbanos é a exaustão da fertilidade do solo, que já se manifestava em países dos quais a atividade agrícola capitalista estava despontando, como foi o caso da Inglaterra e dos Estados Unidos no século XVI, que recorreram ao roubo indireto da fertilidade, expresso na exploração e apropriação de terras e recursos, de outros países para garantir a continuidade da sua produção alimentar.

Essas consequências expressam duas contradições: a contradição entre campo e cidade e a contradição entre nações, respectivamente. A última vai no mesmo sentido da discussão sobre o imperialismo ecológico apresentada na introdução. Sobre a primeira, o seguinte trecho do terceiro Tomo do Capital, expressa como já no século XIX era constatável que o desenvolvimento da agricultura e da indústria capitalistas criava as condições para a interrupção do ciclo de nutrientes a partir da separação entre campo e cidade:

A indústria e a agricultura em grande escala, exploradas de modo industrial, atuam de forma conjunta. Se num primeiro momento elas se distinguem pelo fato de que a primeira devasta e destrói mais a força de trabalho e, com isso, a força natural do homem, ao passo que a segunda depreda mais diretamente a força natural da terra, posteriormente, no curso do desenvolvimento, ambas se dão as mãos, uma vez que o sistema industrial na zona rural também exaure os trabalhadores, enquanto a indústria e o comércio, por sua vez, fornecem à agricultura os meios para o esgotamento do solo. (MARX, 2019, p. 873)

Dada essas contradições insurgentes e agravadas com o estabelecimento da propriedade fundiária em larga escala e das grandes indústrias e por consequência, da divisão entre cidade e campo, podemos nos ater a diversos parâmetros que constataam a ruptura metabólica resultante das mesmas.

### 3.2 AS POPULAÇÕES URBANA E RURAL

A população humana tem aumentado quantitativamente nas últimas décadas e este aumento populacional é acompanhado de um aumento da porcentagem da população urbana. O que significa que, pelas cidades apresentarem um maior índice de concentração de indivíduos humanos do que no campo, a densidade populacional também aumentou: mais de cinquenta por cento da população mundial ocupa só dois por cento da extensão territorial do planeta. Além disso, com esse crescimento populacional, subiu a demanda energética dos espaços ocupados pelo homem, tanto por conta do aumento da quantidade de indivíduos, como por decorrência da dinâmica de alto consumo energético das cidades, já que mais de três quartos do consumo total de energia pela nossa espécie ocorre em espaços urbanos (JUNIOR, 2017).

Os gráficos apresentados a seguir demonstram as curvas de crescimento populacional urbano no Brasil e no mundo:

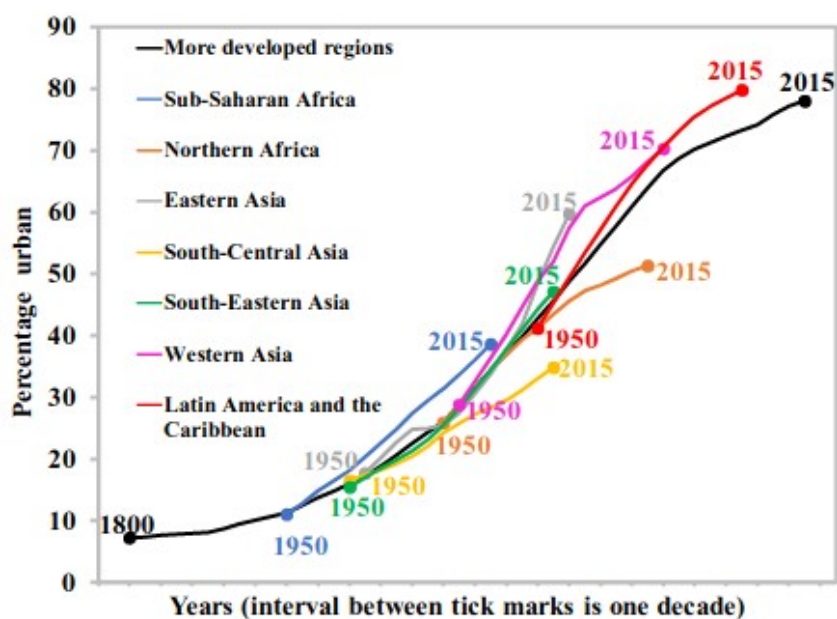


Figura 6: Tendência de urbanização por região (UNITED NATIONS, 2018).

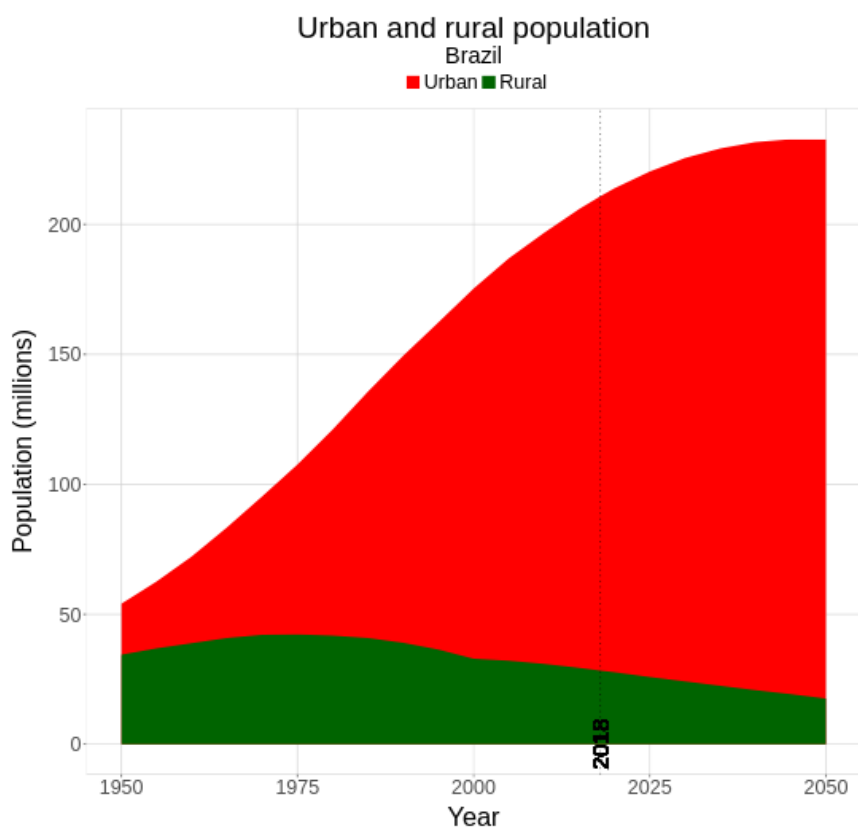


Figura 7: População Urbana e Rural no Brasil em milhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2018).

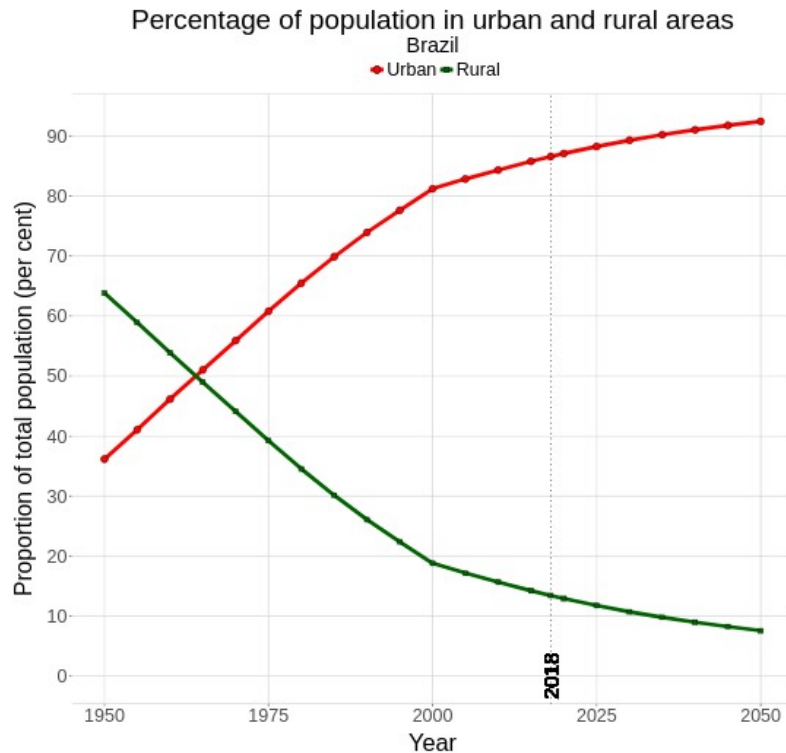


Figura 8: Porcentagem de populações urbana e rural no Brasil (UNITED NATIONS, 2018).

O primeiro gráfico (Figura 6) apresenta as curvas de aumento da porcentagem de população urbana por região do mundo: regiões mais desenvolvidas, África Sub-Saariana, África do Norte, Leste Africa, África Cento-Sul, Sudeste Africano, Oeste Africano e América Latina e Caribe, de cima para baixo. Tal gráfico aponta que a porcentagem de população urbana cresceu em todas as regiões indicadas no período entre 1950 e 2015. Já no segundo gráfico (Figura 7), temos as populações urbanas e rurais expressas em quantidade no Brasil. Em 2018, havia uma população urbana maior que a rural: no Brasil, eram 182.546.459 pessoas vivendo no perímetro urbano enquanto que apenas 28.321.495 pessoas viviam em área rural. Já no mundo, havia 4.219.817.318 pessoas vivendo em regiões urbanas em contraposição a 3.413.002.007 pessoas no campo. (UNITED NATIONS, 2018). Por fim, no terceiro gráfico (Figura 8), temos a porcentagem da população urbana e rural demonstradas por ano, de 1950 até 2018 e com uma estimativa da tendência de 2019 a 2050. O que os três gráficos apontam é que a população urbana tanto mundialmente como no Brasil vem crescendo tanto quantitativamente como proporcionalmente em comparação com a população rural.



O que se pode alegar frente a esse crescimento populacional atrelado à exaustão de recursos naturais atual é, a partir de uma lógica malthusiana, que o problema ecológico de nosso tempo é a superpopulação humana. No entanto, este argumento não é capaz de abarcar a realidade em toda a sua complexidade. Embora seja verdadeiro que na maioria das populações de seres vivos a resistência ambiental, que é a “soma total dos fatores ambientais limitantes que impedem a realização do potencial biótico” (ODUM, 2001, p. 287), se apresenta cada vez maior conforme aumenta a densidade populacional, devemos considerar novas propriedades – que emergem das organizações sociais – influentes sobre as limitações ambientais impostas a determinada população.

O homem social é um animal capaz de compreender as leis da natureza e antever desdobramentos de suas ações como nenhuma outra espécie da Terra. Embora essa capacidade de previsão seja limitada, nossa espécie é apta a fazer um uso racional e teleológico dos recursos naturais sem exauri-los e garantindo a qualidade de vida de população. Assim, diferente de uma colônia de bactérias que cresce exponencialmente até atingir o limite de exaustão dos recursos disponíveis no ambiente, o crescimento populacional humano depende de uma série de fatores culturais, políticos, econômicos e sociais que não estão ligados diretamente à disponibilidade imediata de recursos.

Contudo, estamos diante de uma crise ecológica que nos faz questionar a razão de várias populações humanas estarem enfrentando a falta de recursos disponíveis para sua sobrevivência. Tal problema da miséria e da pobreza não é de hoje. De fato, Thomas Malthus, no final do século XVIII e início do século XIX, escreveu seus ensaios sobre a população alegando que a pobreza e a fome eram consequência da superpopulação humana, justificando-as através das leis da natureza e deslocando a culpa das questões da economia política. Engels, em seu seu Esboço para uma Economia Política de 1844, critica essa concepção malthusiana ao demonstrar que a pobreza e a miséria eram na realidade consequência da ordem capitalista e que as leis da natureza de limitações de recursos não eram a determinação principal deste problema. Nessa argumentação, Engels cunha o conceito de exército industrial de reserva, que é aquela massa de trabalhadores, postos à margem da sociedade, sem acesso aos meios básicos para sua sobrevivência. O exército industrial de reserva cumpre a função de exercer pressão para que os trabalhadores

assalariados aceitem sua condição de exploração, sabendo que se protestarem serão demitidos e substituídos pela massa de desempregados (FOSTER, 2005). Assim, a pobreza e a miséria se justifica não pela falta de recursos em atender todos os indivíduos da população, mas pela maneira como o Capital se organiza para garantir a exploração da classe trabalhadora.

O que esse embate teórico demonstra é que a falta de acesso à recursos na nossa espécie não depende apenas das leis da natureza mas depende de propriedades da organização político-econômica capitalista também. Assim, para os dias de hoje, haverão ainda aqueles que recorrerão à uma argumentação malthusiana de que o problema da crise ecológica é a superpopulação humana, ignorando a importância da crítica à dinâmica do Capital que impõe uma exploração dos trabalhadores e da natureza de forma insustentável.

A desigualdade social inerente ao capitalismo está atrelada não somente à contradição ambiental entre nações e à criação do antagonismo entre cidade e campo e todas as consequências ambientais que isso implica (como será detalhado a seguir) mas também se relaciona com as desigualdades entre centro e periferia. Com o aumento da massa urbana, a maioria das cidades passam a se organizar de tal forma que seus centros contenham a estrutura e os recursos necessários para uma boa qualidade de vida enquanto que na periferia se marginalizam os trabalhadores pauperizados com pouco acesso à bens básicos de sobrevivência. Este abismo social também se conecta com problemas ambientais, dentre os quais podemos citar como exemplo a falta de saneamento básico nas periferias e o aumento da poluição urbana como consequência (JORDÃO, 2012).

Portanto, a problemática ecológica identificável quando avaliamos o crescimento da população urbana gira principalmente em torno da ruptura metabólica consequente da divisão de cidade e campo que se acentua nesse processo e não de uma lógica simplista de exaustão de recursos por conta do aumento populacional. E este preceito se reafirma quando estamos diante de um sistema produtivo que se fundamenta na distribuição desigual de recursos, na alienação do homem com a natureza e na exploração de ambos para se desenvolver.

### 3.3 A CICLAGEM DE NUTRIENTES, A POLUIÇÃO E A PERDA DA FERTILIDADE DO SOLO

Como dito anteriormente, no transcurso do estabelecimento da indústria capitalista e do antagonismo entre campo e cidade, a ciclagem de muitos nutrientes foi interrompida e isso desencadeou uma série de problemas ecológicos como a perda da fertilidade do solo nas áreas rurais e a poluição nas áreas urbanas. Esses ciclos interrompidos são os chamados ciclos biogeoquímicos ou ciclos nutritivos, como explica Odum:

Os elementos químicos [...] tendem a circular na biosfera, por vias características, do ambiente para os organismos e destes novamente para o ambiente. Estas vias mais ou menos circulares são conhecidas por ciclos biogeoquímicos. O movimento daqueles elementos e compostos inorgânicos que são essenciais à vida pode designar-se apropriadamente por ciclo nutritivo. (ODUM, 2001. p. 133)

O homem é único no sentido em que, não só necessita dos 40 elementos essenciais, mas também na sua cultura complexa utiliza quase todos os outros elementos, bem como os sintéticos mais recentes. Acelerou de tal forma o movimento de muitos materiais que os ciclos tendem a tornar-se imperfeitos, ou os processos a tornarem-se acíclicos. Por exemplo, extrai-se e trata-se a rocha fosfatada com uma tal negligência que se produz uma grave poluição na vizinhança das minas e das fábricas de fosfato. Depois, com igual miopia aguada, aumenta-se o fornecimento de fertilizantes fosfatados nos sistemas agrícolas, sem controlar por qualquer via o inevitável acréscimo nas saídas escoadas o que afeta severamente as vias aquáticas e reduz a qualidade da água mediante eutrofização. (ODUM, 2001, p. 135)

Sendo assim, com a ruptura metabólica e a descontinuação dos ciclos biogeoquímicos e nutritivos as consequências ambientais começam a pesar, como no caso do fosfato exemplificado acima. O fósforo, contido na estrutura química do fosfato, assim como o nitrogênio são elementos que se acumulam em efluentes de atividades agropastoris e industriais bem como nos esgotos urbanos. Uma das graves consequências ecológicas deste acúmulo é o favorecimento de florações de cianobactérias nas águas, que levam à eutrofização dos corpos hídricos (FREITAS, 2013).

Dessa maneira, vemos como consequência da alteração de tais ciclos a poluição do ambiente, como o caso da eutrofização dos corpos hídricos, por um lado e por outro a exaustão dos nutrientes dos reservatórios de onde eles estão sendo retirados mas para onde não estão retornando. O exemplo clássico dessa exaustão dos elementos químicos em reservatórios é o fenômeno da perda da

fertilidade dos solos que passa a se apresentar em escala global e aumentada com a expansão da agricultura capitalista. De fato, Justus von Liebig, agroquímico alemão do século XIX que estudou o efeito de vários fatores sobre o crescimento das plantas, identificou a insustentabilidade da agricultura de seu tempo e criticou a produção alimentar capitalista ao constatar a queda da produtividade vegetal decorrente da redução da concentração de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo no solo a uma quantidade menor que o mínimo crítico indispensável para o bom desenvolvimento das plantas (ODUM, 2001; FOSTER, 2005).

É nesse sentido que se pode dizer que a separação entre campo e cidade e o modo como a produção capitalista se organiza possuem como consequência a ruptura metabólica. No Brasil, este fenômeno também é observável no percurso de toda a sua história: já a partir de meados do século XVI, quando se inicia o ciclo da cana-de-açúcar e posteriormente o do café, a fertilidade natural dos solos das matas brasileiras era consumida para a sustentação de tais ciclos econômicos e com sua completa exaustão, migravam-se as plantações para novas áreas a serem exploradas. O esgotamento da fertilidade do solo, resultante da retirada de nutrientes pelas culturas, e que não são repostos, acontecem até hoje: estima-se que anualmente no Brasil exista um deficit entre 25 e 35 kg ha<sup>-1</sup> de N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O, indicando que o estoque destes nutrientes no solo estão sendo esgotados gradativamente. Isso também se verifica globalmente: cerca de 240 milhões de hectares de solos no mundo estão com sua integridade química deteriorada (LOPES & GUILHERME, 2007).

A degradação da qualidade do solo significa uma complicação ecológica grave pois o solo é um meio fundamental para garantir o bom crescimento das plantas, bases tróficas de muitos ecossistemas, além de desempenhar importante papel no fluxo e na manutenção da qualidade da água, no ciclo de gases atmosféricos e na sustentação da biodiversidade ecossistêmica (LOPES & GUILHERME, 2007). Tal problema ambiental não se apresenta por uma falta de tecnologia ou conhecimento científico necessários para um uso racional do solo, mas sim, porque, na agricultura capitalista em larga escala o objetivo é pressionar as forças naturais ao máximo para extrair o lucro em uma taxa crescente, garantindo o enriquecimento mais rápido possível do proprietário das terras e das grandes empresas transnacionais agrárias (SAITO, 2021).

Retirar os nutrientes sem repor devidamente o que foi extraído é uma das formas de se lucrar rapidamente, apropriando-se de recursos da terra. O que é bastante comum na agricultura capitalista também, é repor tais nutrientes quimicamente de forma a garantir uma rápida retomada da produtividade do solo e continuar produzindo. No entanto, a forma de adubação comumente adotada pela agricultura em larga escala pouco se assemelha aos ciclos naturais ecossistêmicos, que acontecem mediados por matéria orgânica. Isso também gera uma série de consequências ambientais, como, a seguir, explica Saito:

As plantas em geral não usam diretamente os nutrientes que fazem parte da matéria orgânica. Eles são primeiro convertidos em elementos inorgânicos que as plantas usam durante o processo de decomposição pelos organismos do solo. Agora entende-se que a matéria orgânica do solo é uma parte crítica da construção e manutenção de solos saudáveis e produtivos. Ela influencia positivamente quase todas as propriedades do solo – químicas, biológicas e físicas. Embora seja verdade que a matéria orgânica (ou húmus) não é absorvida diretamente pelas plantas, seu esgotamento dos solos é uma das principais causas da diminuição da produtividade. Adicionar apenas nutrientes químicos inorgânicos para repor aqueles removidos pelas plantações pode deixar os solos em más condições biológicas e físicas, levando a vários problemas, incluindo a erosão acelerada, solos secos (que armazenam pouca água), baixa capacidade de retenção de nutrientes, mais doenças e problemas com insetos e assim por diante. Na agricultura industrial moderna, isso é corrigido até certo ponto com a maior entrada de capital na forma de pesticidas, fertilizantes, equipamentos mais potentes e irrigação mais frequente. (SAITO, 2021, p. 252)

### 3.4 O CLIMA E A QUESTÃO ENERGÉTICA

Do mesmo modo que a mudança na composição química decorrente da extração de nutrientes causa a perda da fertilidade e da produtividade do solo, as mudanças climáticas, fruto do desmatamento e da emissão de poluentes também interferem negativamente na produção alimentar. Isso já havia sido observado pelo botânico Karl Fraas no século XIX, que colocou que não só a interferência dos aspectos químicos, como fez Justus von Liebig, mas também dos aspectos físicos eram determinantes para a produtividade agrícola. Ambos os autores foram lidos e absorvidos por Marx quando este tratou de elucidar a insustentabilidade da agricultura capitalista (SAITO, 2021).

Embora o desmatamento tenha sido uma prática frequente ao longo da história da humanidade a partir do estabelecimento de sociedades sedentárias e da agricultura, este se agravou de forma proporcional ao crescimento da agricultura

em larga escala e, por isso, desmata-se muito mais no capitalismo. Se tomarmos a floresta Amazônica como exemplo, podemos notar que o desmatamento ocorre em uma magnitude muito grande: de quase 80.000 km<sup>2</sup> de área desmatada por ano, sendo a principal razão desse desmatamento o avanço das plantações de larga escala de soja na região (FEARNSIDE, 2020).

A seguir, para ilustrar o que foi dito, é apresentado um gráfico com a taxa anual de desmatamento da floresta Amazônica (Figura x):

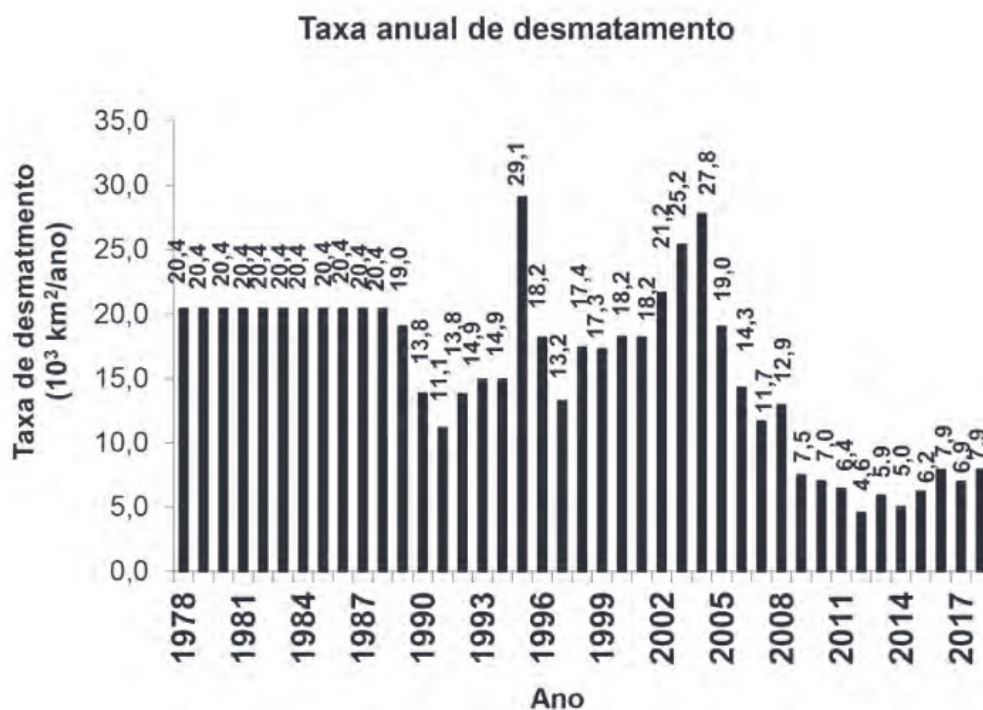


Figura 9: Taxa Anual de Desmatamento da Amazônia nas últimas décadas (FEARNSIDE, 2020).

O desmatamento cumpre o papel de extração do valor contido nos recursos naturais a um custo baixo: nesse processo, a destruição de matas nativas para o uso da terra em plantações para o agronegócio, constitui uma forma de acumulação primitiva, posto que o Capital, para manter suas taxas de lucro, se apropria de elementos tratados como externos ao sistema, como é o caso dos recursos naturais. No entanto esta prática gera uma série de consequências ecológicas graves, dentre as quais podemos citar: a erosão e a compactação do solo, a exaustão dos nutrientes, a mudança nos regimes hidrológicos, a perda da biodiversidade, a emissão de gases de efeito estufa nas queimadas, e a perda da

homeostase climática (FEARNSIDE, 2020).

A mudança climática que ocorre em decorrência da redução da cobertura vegetal também é fruto de outras atividades produtivas como a atividade industrial, a pecuária e o uso de combustíveis fósseis, que representam a maior porcentagem da fonte energética global. Como a população urbana têm crescido e é nas cidades que se concentra o maior consumo de energia, a emissão de CO<sub>2</sub> como consequência desse aumento da demanda energética, acaba sendo uma variável atmosférica em mudança crescente que contribui para o aquecimento global (JUNIOR, 2017).

Portanto, podemos afirmar, em matéria das questões físicas como o clima e a energia, que a tendência da atual organização social humana é agravar o aquecimento global que contribui para a crise ecológica que vivemos. E esta inflamação do problema se insere em um contexto em que o uso dos recursos que interferem nessas mudanças está sendo mediado pelas leis do Capital e não com base em um planejamento sustentável.

### 3.5 A CRISE ECOLÓGICA E OS CAMINHOS QUE SE DESENHAM

A crise ecológica da qual nos deparamos se expressa através das mudanças drásticas ecossistêmicas que perturbam a homeostase e reduzem a biodiversidade. A homeostase, que é o equilíbrio dinâmico – e portanto, o equilíbrio na forma de movimento – de um ecossistema, se mantém mais comumente em ecossistemas altamente biodiversos (ODUM, 2001). A biodiversidade, por sua vez, se torna reduzida ao se eliminarem as condições ambientais propícias para as espécies que estavam adaptadas a um meio específico. De fato, com a mudança climática e principalmente as alterações antrópicas do meio, a taxa de extinção vem aumentando significativamente (CEBALLOS *et al*, 2015).

A redução da biodiversidade, além de colocar em risco diversas formas de vida – inclusive a humana –, pode fazer com que os ecossistemas se tornem menos complexos porque existem menos partes que os compõem. Sistemas mais simples apresentam mais flutuações (ODUM, 2001), o que significa que conforme a biodiversidade se reduz na presente crise ecológica, mais flutuações ambientais acontecem e expõem organismos a variáveis as quais estes provavelmente não

estão tão bem adaptados, causando um efeito de retroalimentação positiva na extinção. Por isso, é importante ter em mente que, sendo a ação antrópica um dos principais fatores das alterações ambientais vigentes, é necessário compreender a forma de organização da nossa espécie e seus caracteres específicos. Unidos de uma capacidade teleológica de nossas atividades interferentes do meio natural, podemos alterar a forma como o metabolismo entra nós e a natureza se dá, a partir da compreensão de como ele se estabeleceu historicamente e suas potencialidades.

Como foi apresentado ao longo deste trabalho, os últimos séculos foram marcados por uma ruptura metabólica insurgente da alienação do homem com a terra e da concretização dos polos urbano e rural, em antagonismo. Ambos processos surgiram atrelados ao desenvolvimento capitalista e criaram contradições ambientais que se ampliam e se agravam até os dias de hoje. A separação de campo e cidade criou uma separação da própria dinâmica ecossistêmica tanto em nível de ciclos biogeoquímicos como em nível energético: a produção primária encontra-se concentrada no campo e o consumo energético, nas cidades.

Da mesma forma que se identifica um desequilíbrio entre produção e consumo nas cidades e campo, pode-se também dizer da desproporção de heterótrofos no meio urbano que é muito mais alta que qualquer ecossistema poderia suportar se não dependesse da importação de biomassa do campo. Por conta dessa alta concentração de heterótrofos, de consumo energético e de emissão de poluentes no meio urbano, as cidades alteram muito a natureza. Para além disso as cidades possuem extensos ambientes de entrada e saída, justamente porque para suportar seu metabolismo dependem de uma troca material e energética enorme com as áreas adjacentes (ODUM, 2001).

É nesse sentido, que a partir de uma observação de aspectos ecológicos podemos tratar da contradição entre cidade e campo que se desdobra no capitalismo e motiva a ruptura metabólica:

O modo de produção capitalista consome a ruptura do laço familiar original que unia a agricultura à manufatura e envolvia a forma infantilmente rudimentar de ambas. Ao mesmo tempo, porém, ele cria os pressupostos materiais de uma nova síntese, superior, entre agricultura e indústria sobre a base de suas configurações antiteticamente desenvolvidas. Com a predominância sempre crescente da população urbana, amontoada em



grandes centros pela produção capitalista, esta, por um lado, acumula a força motriz histórica da sociedade e, por outro lado, desvirtua o metabolismo entre o homem e a terra, isto é, o retorno ao solo daqueles elementos que lhe são constitutivos e foram consumidos pelo homem sob forma de alimentos e vestimentas, retorno que é a eterna condição natural da fertilidade permanente do solo. Com isso, ela destrói tanto a saúde física dos trabalhadores urbanos como a vida espiritual dos trabalhadores rurais. Mas ao mesmo tempo que destrói as condições desse metabolismo, engendradas de modo inteiramente natural-espontâneo, a produção capitalista obriga que ele seja sistematicamente restaurado em sua condição de lei reguladora da produção social e numa forma adequada ao pleno desenvolvimento humano. [...] E todo o progresso da agricultura capitalista é um progresso na arte de saquear não só o trabalhador, mas também o solo, pois cada progresso alcançado no aumento da fertilidade do solo por certo período é ao mesmo tempo um progresso no esgotamento das fontes duradouras dessa fertilidade. [...] Por isso, a produção capitalista só desenvolve a técnica e a combinação do processo de produção social na medida em que solapa os mananciais de toda a riqueza: a terra e o trabalhador. (MARX, 2017, p. 572-573)

Este trecho do terceiro tomo de “O Capital” retoma e sintetiza o que se diz respeito do antagonismo entre cidade e campo e ao mesmo tempo afirma que o capitalismo cria as condições materiais para uma síntese nova e superior: uma união da agricultura e da indústria com base nas formas que se desenvolveram durante o período do seu isolamento antagônico. Porque, se por um lado o desenvolvimento capitalista veio acompanhado de inovações tecnológicas e descobertas científicas importantes, por outro o próprio movimento do Capital impediu que a humanidade avançasse para um caminho mais cômico e racional da produção justamente por esta estar atravancada pelas leis do mercado.



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Expusemos os problemas ambientais do nosso tempo, resultantes da dinâmica econômica capitalista, como o rompimento de ciclos biogeoquímicos, a degradação do solo, a poluição, etc. Compreendendo, portanto, tal relação direta entre produção capitalista e a crise ecológica que vivemos – para todos aqueles que entendem que a ciência e a filosofia não são apenas caminhos para compreender nossa realidade, mas também poderosas ferramentas para transformá-la – o caminho é claro: a superação desse sistema produtivo é uma necessidade se quisermos a possibilidade de construir um modo de organização da produção humana que busque a maior integração possível (e consciência da mesma) das relações entre homem e natureza. Assim esclarece Saito:

[os méritos do desenvolvimento das ciências naturais e das tecnologias modernas] precisam ser aplicadas ao processo de produção de uma maneira fundamentalmente diferente daquela da sociedade capitalista, não para superar os limites da natureza, mas para conduzir uma interação metabólica sustentável entre humanos e natureza. Contudo, esse intercurso racional com a natureza não é possível no capitalismo porque o todo da produção social é organizado pelo trabalho privado e, conseqüentemente, a interação sociometabólica é mediada pelo valor. Para um gerenciamento democrático e sustentável da interação metabólica entre humanos e natureza, Marx argumentou que é necessário transformar a prática social que confere ao capital força independente, fora do controle humano. (SAITO, 2021, p. 203)

Podemos agora fazer o exercício de como haveria de ser esta sociedade em que o metabolismo entre homem e natureza seja feito de maneira consciente, racional e sustentável. Antes de tudo, resgatemos um trecho do terceiro tomo do Capital de Marx em que o autor discorre sobre a liberdade:

Com efeito, o reino da liberdade só começa onde cessa o trabalho determinado pela necessidade e pela adequação a finalidades externas; pela própria natureza das coisas, portanto, é algo que transcende a esfera da produção material propriamente dita. Do mesmo modo como o selvagem precisa lutar com a natureza para satisfazer suas necessidades, para conservar e reproduzir sua vida, também tem de fazê-lo o civilizado – e tem de fazê-lo em todas as formas da sociedade e sob todos os modos possíveis de produção. À medida de seu desenvolvimento, amplia-se esse reino da necessidade natural, porquanto se multiplicam as necessidades; ao mesmo tempo, aumentam as forças produtivas que as satisfazem. Aqui, a liberdade não pode ser mais do que fato de que o homem socializado, os produtores associados, regulem racionalmente esse seu metabolismo com a natureza, submetendo-o a seu controle coletivo, em vez de serem dominados por ele como por um poder cego; que o façam com o mínimo emprego de forças possível e sob as condições mais dignas e em conformidade com sua natureza humana. Mas este continua a ser sempre um reino da necessidade. Além dele é que tem início o desenvolvimento das forças humanas, considerado como um fim em si mesmo, o verdadeiro reino da liberdade, que, no entanto, só pode florescer tendo como base aquele reino da

necessidade. A redução da jornada de trabalho é a condição básica. (MARX, 2019, p. 882-883)

Neste excerto, apresenta-se como o homem está e sempre estará submetido às leis da natureza e que sob esta condição, qualquer tipo de organização social deve arcar com uma produção que satisfaça as necessidades materiais dos indivíduos que a compõe. E à medida que as necessidades materiais são satisfeitas da forma mais eficiente e mais humana, o homem encontra mais tempo livre para desenvolver suas capacidades e vontades. É daí que surge o reino da liberdade, de um embasamento do reino da necessidade, que por sua vez só pode dar a sustentação sólida para o desenvolvimento do homem livre se a necessidade for satisfeita de forma racional, sustentável e consciente diante do metabolismo entre homem e natureza.

Por fim, finalizemos com mais uma passagem de Marx, desta vez de seus Manuscritos Econômicos e Filosóficos de Paris:

A associação (Association), aplicada à terra e ao solo, partilha a vantagem da grande posse fundiária do ponto de vista nacional-econômico, e realiza primeiramente a tendência originária da divisão, a saber, a igualdade, assim como ela também coloca a ligação afetiva do homem com a terra de um modo racional e não mais [mediado] pela servidão, pela dominação e por uma tola mística da propriedade, quando a terra deixa de ser um objeto de regateio e se torna novamente, mediante o trabalho livre e a livre fruição, uma propriedade verdadeira e pessoal do homem. (MARX, 2004, p. 76)

Mirando ao futuro, a sociedade de trabalhadores associados seria aquela então em que a relação entre o homem e a terra seja reestabelecida de maneira mais direta e consciente e que as trocas materiais entre homem e ecossistema sejam feitas mediadas pelo nosso trabalho orientado pelas decisões coletivas, racionais e sustentáveis e não mais pelos valores capitalistas de acumulação. E dessa associação poderá emergir o reino da liberdade. Portanto, a solução para a alienação dos seres humanos à natureza que se constituiu historicamente haverá de ser descoberta no reino da prática.

O reino da prática política não pode no entanto, mirar-se num futuro longínquo, em que os trabalhadores regem seu metabolismo com a natureza de maneira consciente, sem entender que esse futuro se constrói passando por um continuado processo de modificações políticas que culminem numa revolução. Um processo revolucionário possui sujeitos históricos que vão desempenhar um papel ativo nele.

Considerando que pra se construir uma sociedade sustentável ecologicamente é necessário sujeitos conscientes dessa tarefa, podemos apontar que aqueles trabalhadores que possuem uma relação mais direta com a terra e portanto, estão menos vulneráveis à alienação com a natureza causada pelo Capital, desempenharão um papel central.

O capitalismo trata a natureza como uma externalidade a ser incorporada no seu sistema – como foi apresentado no debate sobre acumulação primitiva na seção 1.3 desta monografia – mas os trabalhadores que vivem em contato mais direto com a natureza, como são os que realizam trabalhos rurais, percebem que não existe de fato essa separação absoluta entre o meio ambiente e o homem. Ao se trazer à luz essa percepção, o trabalhador coloca em xeque toda a dinâmica capitalista que se fundamenta na coisificação, alienação e exploração da natureza e pode, mediante organização para a tomada de poder, construir uma sociedade cuja relação com o meio ambiente se fundamente de uma maneira mais próxima do real: a de que o homem faz parte da natureza.



## REFERÊNCIAS

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; BARNOSKY, A. D.; GARCIA, A.; PRINGLE, R. M.; PALMER, T. M. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. **Science Advances**, v. 1, nº 5, e1400253–e1400253, jun. 2015.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: A nova compreensão científica dos sistemas vivos**. 1ª. ed. São Paulo: Cultrix, 2006. 256 p.

CHACHÉ, C. B. Além da teoria marxista clássica: uma análise do marxismo ecológico. **Confluências: Revista interdisciplinar de sociologia e direito**. Niterói, v. 22, nº 1, p. 142-162, abr.-jul. 2020.

CLARK, B.; FOSTER, J. B. Ecological imperialism and the global metabolic rift: unequal exchange and the Guano/Nitrates trade. **International Journal of Cooperative Sociology**, Reino Unido, v. 40, nº 3, p. 311-334, jun.-ago. 2009.

CROSBY, Alfred W. **Imperialismo ecológico: a expansão biológica da Europa 900-1900**. 1ª. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2011. 375 p.

DA SILVA, M.V. **Ecologia, Cibernética e o “Paradigma Sistêmico” no Planejamento: notas para crítica de um modelo, suas implicações e limitações**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL (ENANPUR). Anais, Sessão Temática 8: Trajetórias das Ideias, Representações e Experiências Urbanísticas. Belo Horizonte: 2015, p. 1-16.

DESCARTES, Rene. **Discurso do método**. 1ª. ed. Porto Alegre: L&PM Pocket, 2005. 128 p.

ENGELS, Friedrich. **O papel do trabalho na transformação do macaco em homem** (1876). Disponível em: <<https://www.marxists.org/portugues/marx/1876/mes/macaco.htm>> Acesso em: 31 de agosto de 2021.

ENGELS, Friedrich. **Dialética da natureza**. 1ª.ed. São Paulo: Boitempo, 2020. 398 p.

FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. In: FEARNSIDE, P.M. **Destruição e Conservação da Floresta Amazônica**. 1ª. ed. Manaus: Editora do INPA, 2020. cap. 1, p. 7-19.

FELDMAN, M. W.; LALAND, K. N. Gene-culture coevolutionary theory. **Trends in Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 11 , nº 11, p. 453-457 , nov. 1996.

FOSTER, John Bellamy. **A ecologia de Marx: materialismo e natureza**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005. 418 p.

FREITAS, E. C. **Avaliação dos efeitos neurotóxicos de cianotoxinas em cladóceros com ênfase na utilização de um biomarcador bioquímico para sua detecção**. 2013. 219 f. Dissertação (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

GHIDINI, R.; MORMUL, N. M. Revolução agrícola neolítica e o surgimento do Estado classista: breve reconstituição histórica. **Revista de Ciências do Estado**, Belo Horizonte, v. 5, nº 1, p. 1-20. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revise/article/view/e19725/17736>>. Acesso em: 24 de agosto de 2021

GOULD, Stephen Jay. **An urchin in the storm: essays about book and ideas**. 1ª. ed. Nova Iorque: W.W. Norton & Company Inc., 1988. 256 p.

HOYT, Joseph Bixby. **Man and the Earth**. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc, Englewoods Cliffs, 1973. 502 p.

HUNT, E.K.; LAUTZENHAISER, M. **História do pensamento econômico: uma perspectiva crítica**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2013. 759 p.

JORDÃO, L.C.S. Novas Periferias urbanas: A expansão de São Carlos através de Condomínios Fechados. In: SIMPÓSIO NACIONAL ESTADO E PODER SOCIEDADE CIVIL, 7, 2012, Uberlândia, MG. Anais... Uberlândia: Núcleo de Pesquisa em História, Cidade e Trabalho; Niterói, RJ: Núcleo de Pesquisas sobre Estado e Poder no Brasil, 2012..

JUNIOR, L.J.D. **Modelo para análise sistêmica das relações entre as características das cidades, o consumo direto de energia e emissão de CO2**. 2017. 163f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

KANGAL, Kaan. **Engel's emergentist dialectics**. Disponível em: <<https://monthlyreview.org/2020/11/01/engelss-emergentist-dialectics/#en4>> Acesso em: 10 de agosto de 2021.

LENIN, Vladimir Ilitch. **O imperialismo, fase superior do capitalismo**. Disponível



em: <<https://www.marxists.org/portugues/lenin/1916/imperialismo/index.htm>>  
Acesso em: 12 de setembro de 2021.

LEWONTIN, Richard; LEVINS, Richard. **The Dialectical Biologist**. 1<sup>a</sup>. ed.  
Cambridge: Harvard University Press, 1985. 303 p.

LOPES, Alfredo Scheid; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1<sup>a</sup>. ed. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 1, p. 2-64.

LUXEMBURGO, Rosa. **Acumulação do capital**: estudo sobre a interpretação econômica do imperialismo. 1<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1970. 516 p.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **A ideologia Alemã** 1<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Editora Martin Claret Ltda., 2005. 150 p.

MARX, Karl. **Grundrisse: manuscritos econômicos de 1857-1858**: esboços da crítica da economia política. 1<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Boitempo, 2011. 788 p.

MARX, Karl. **Manuscritos econômicos e filosóficos**. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Boitempo, 2004. 190 p.

MARX, Karl. **Formações econômicas pré-capitalistas**. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1985. 136 p.

MARX, Karl. **O Capital**: crítica da economia política. Livro I: O processo de produção do capital. 2<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Boitempo, 2017. 894 p.

MARX, Karl. **O Capital**: crítica da economia política. Livro III: O processo global da produção capitalista. 1<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Boitempo, 2019. 980 p.

MEDEIROS, A. M. S.; RIBEIRO, G. G. Imperialismo verde: novas dominações em novos tempos. **Germinal marxismo e educação em debate**. Salvador, v.13, n° 2, p. 134-150, agosto de 2021.

MOREIRA, Catarina. Seleção artificial. **Revista de Ciência Elementar**, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. v. 3, n° 3, outubro de 2015.

ODUM, Eugene. **Fundamentos de Ecologia**. 6<sup>a</sup>. ed. Lisboa: Fundação Calous

Gulbenkian, 2001. 823 p.

POULANTZAS, Nicos. **Poder Político y clases sociales en el Estado Capitalista**. 4<sup>a</sup>. ed. México: Siglo Veintiuno Editores SA, 1972. 471 p.

SAITO, Kohei. **O ecossocialismo de Karl Marx**: capitalismo, natureza e a crítica inacabada à economia política. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Boitempo, 2021. 350 p.

SANTOS, R. E. Notas sobre a importância do trabalho na ontologia de Georg Lukács. **Revista Estudos Filosóficos**. São João del Rei, MG, v. 1 , nº 2 , p. 86-100, 2009.

SILVA, H.P. Evolução humana, biologia, cultura e o ambiente iatrogênico da modernidade. **Ciência & Ambiente**. Santa Maria, RS. v.48, nº 1, p. 175-186, jan.-jul., 2014.

TELES, K. I.; BELO, L. L. A.; SILVA, H. M. Efeitos da alimentação na evolução humana: uma revisão. **Conexão Ci.**, Formiga, MG, v. 12 , nº 3, p. 93-105 , 2017.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. 2018. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>> Acesso em: 28 de outubro de 2021.