

# **Desmaterialização desmistificada: o potencial poupador da tecnologia e suas implicações ambientais**

Eduardo Sá Barreto  
(Universidade Federal de Juiz de Fora)

## ***Resumo***

Em trabalhos anteriores, realizamos uma abrangente revisão da literatura econômica relacionada ao debate ambiental (especialmente aquele em torno das mudanças climáticas). De modo geral, as diversas formulações – desde aquelas apoiadas na estrutura teórica neoclássica até as mais heterodoxas – tendem a confluir, com poucas exceções, para a noção de desmaterialização; ou, melhor dizendo, para a esperança de que o avanço tecnológico permita a realização de uma produção supostamente imaterial. O presente estudo parte desta leitura e tem como objetivo a desmistificação (i.e. sua desconstrução crítica) da desmaterialização como possibilidade real na presente formação socioeconômica. Pela própria natureza deste expediente crítico, simultaneamente propomos um argumento teórico próprio, alicerçado em Marx, capaz de explicar porque a esperança no processo de desmaterialização tende a ser frustrada sistematicamente enquanto a lógica da produção e distribuição da riqueza social estiver estruturada em torno do capital.

**Palavras-chave: tecnologia, desmaterialização, Marx**

## ***Abstract***

In previous papers, we have conducted a wide review of the economic literature concerning the environmental debate (specially the one on climate change). The contributions in general – from the ones built upon neoclassical theory to the ones based on heterodox thinking – tend to converge, with very few exceptions, to the notion of dematerialization; or, to put it clearly, to the hope that technological development will allow for the realization of a supposedly immaterial production. This present paper starts from such previous assessment and has the objective of demystifying (that is, deconstructing critically) the notion of dematerialization as a real possibility in the present socioeconomic formation. By the very nature of this critique, we simultaneously intent to offer a theoretical argument of our own, rooted in Marx's thinking, and capable of explaining why the faith in the dematerialization process tends to be systematically frustrated as long as the production and distribution of social wealth is structured around capital.

**Key-words: technology, dematerialization, Marx**

**Área 2: Economia Política**

**Classificação JEL: B51; P16; Q55**

## Desmaterialização desmistificada: o potencial poupador da tecnologia e suas implicações ambientais

Eduardo Sá Barreto\*

O pensamento relacionado às questões ambientais possui duas linhas claras de desenvolvimento no interior da ciência econômica: a Economia Ambiental e a Economia Ecológica. Apesar de seus pontos de partida razoavelmente distintos, o desenvolvimento teórico e normativo ao longo dessas duas correntes não é tão divergente quanto se poderia esperar a princípio.

Nesta introdução, apenas resumimos conclusões obtidas em revisões anteriores da literatura<sup>1</sup>, de modo a poder sublinhar exatamente nosso objeto e nossos objetivos no presente trabalho. Por um lado, a Economia Ambiental parte do campo teórico neoclássico e conflui (com inúmeras mediações, evidentemente) para a conclusão geral de que o progresso tecnológico traz consigo uma possibilidade poupadora de recursos que – se presentes os mecanismos de ajuste de mercado previstos em teoria – é plenamente realizada. Por outro lado, a Economia Ecológica parte de uma perspectiva mais heterodoxa (do ponto de vista da ciência econômica) e interdisciplinar, incorporando contribuições da física, biologia, geoquímica etc. Ainda assim, o sentido geral das formulações desta corrente converge significativamente para aquele observado na Economia Ambiental. Da mesma forma, a tecnologia expande as possibilidades de economia de recursos. Tal possibilidade, entretanto, é normalmente frustrada por padrões de consumo não-sustentáveis. Mesmo assim, por meio de uma reorientação destes padrões – uma espécie de tomada de consciência universal daria à luz padrões de consumo sustentáveis – a economia de recursos seria, enfim, igualmente realizável.

Esta noção de economia (ou poupança) de recursos é o princípio fundamental que sustenta o conceito mais abrangente de desmaterialização da produção. Este conceito é central tanto nas formulações da Economia Ambiental quanto nas da Economia Ecológica. Em torno dele são erigidas as expectativas de que a assim-chamada produção imaterial seja uma meta atingível. Desnecessário sublinhar o peso que uma concepção desta natureza adquire em reflexões voltadas aos problemas ambientais.

Os pontos fundamentais de nossa análise realizada em revisões anteriores, e que irão subsidiar nossa investigação a partir deste ponto, podem ser resumidos da seguinte forma: (i) o crescimento econômico é tomado *a priori* como uma necessidade. A este crescimento econômico não corresponde necessariamente, nas formulações examinadas, uma expansão (material) da produção ou do consumo produtivo. (ii) A principal causa desta não correspondência seria o avanço tecnológico. Neste registro, a tecnologia, como poupadora de recursos, facultaria a expansão econômica sobre uma base material não expansiva (ou ao menos não proporcionalmente expansiva). Isto resume a noção de *desmaterialização* da produção.

O objetivo central deste trabalho é demonstrar os limites estruturais objetivos à realização destas alegações no interior da dinâmica própria do modo de produção regido pelo capital. As formulações que inspecionamos em trabalhos anteriores se furtam, em grande medida, a essa tarefa, pois todas subentendem uma ontologia, uma visão de mundo, na qual a sociedade do capital figura como estágio último do desenvolvimento humano e, portanto, inquestionável *a priori*. Esta *naturalização do capital* é o principal motivo pelo qual não conseguem resolver os problemas pretendidos, confrontando-se constantemente com resultados aparentemente paradoxais e desanimadores. Ao se

---

\* Professor do Departamento de Economia e Finanças da Universidade Federal de Juiz de Fora.

<sup>1</sup> Cf. Sá Barreto (2010), Sá Barreto (2012) e Medeiros & Sá Barreto (2013).

aprisionarem nos limites da formação social atual, elas pressupõem exatamente os mecanismos geradores dos problemas que buscam sanar. Se abstêm de investigar, portanto, a forma de superá-los, contentando-se com um trabalho de Sísifo de buscar, ininterruptamente, formas de poupar em meio a uma extraordinária (e estrutural) prodigalidade. Ao invés da necessária investigação dos mecanismos causais, “recebemos a oferta de uma ‘transição’ dos conjuntos *dados* de relações sociais para a sua reprodução (...) numa forma parcialmente alterada mas *estruturalmente idêntica*.” (Mészáros, 2002: 525)<sup>2</sup>.

As próximas seções carregam, em nosso juízo, uma das partes mais importantes da contribuição deste trabalho de pesquisa, iniciado com a inspeção crítica da formulações de maior influência e circulação sobre o tema. Pretendemos, partindo da perspectiva teórica marxiana, desenvolver um argumento capaz de acessar os limites de realização, na sociedade capitalista, de estratégias de desenvolvimento sustentável erigidas em torno do conceito de desmaterialização. A primeira seção, composta de quatro subseções, busca demonstrar o caráter autoexpansivo imanente do capital e, com isso, da produção organizada em torno do (e regida pelo) capital. A segunda seção, com três subseções, pretende combinar este argumento em plano abstrato à sua dimensão material. Assim, pretende-se mostrar como a dinâmica tecnológica é funcional e necessária ao movimento expansivo do capital e, ao mesmo tempo, explicita este movimento em uma dimensão material também expansiva.

## 1 – Expansão da produção como necessidade imanente<sup>3</sup>

Um dos traços mais evidentes de todo o debate é o caráter axiomático que o crescimento econômico assume nas formulações, sendo tomado como pressuposto em praticamente todas as intervenções. Nas raras ocasiões em que se encontra na literatura alguma discussão ou investigação específica sobre este tema, o foco é direcionado exclusivamente ao aspecto qualitativo. Ou seja, quando se discute crescimento econômico na literatura (que inclui áreas como economia da energia, mudanças climáticas e economia ambiental e ecológica), a questão geralmente formulada é: “que tipo de crescimento econômico podemos, queremos ou deveríamos ter?”. A dimensão expansionista do processo econômico, entretanto, está sempre dada *a priori*.

Não é preciso debruçar-se sobre a literatura especializada para constatar a circulação onipresente deste tipo de concepção. O não-crescimento econômico é automaticamente proclamado como indesejável não somente na teoria econômica, mas também na imprensa especializada, nos telejornais direcionados ao público em geral, nas conversas cotidianas etc. Decrescimento econômico, por sua vez, equivale a crise em quase todas as mentes. O problema, entretanto, é que esta naturalização generalizada do ímpeto expansivo da produção não é mera concepção falsa ou equivocada. A base desta mistificação, que transforma, nas concepções em geral, o imperativo do crescimento econômico em condição “natural”<sup>4</sup> da sociedade, deve ser investigada.

Esta primeira seção do artigo busca demonstrar a necessidade imanente da expansão da produção na sociedade regida pelo capital e, com isso, dar um primeiro passo no desenvolvimento de uma reinterpretação da interação dinâmica entre produção e consumo material (na atividade humana entendida em sentido global).

---

<sup>2</sup> A afirmação de Mészáros refere-se a um outro contexto, mas é pertinente também para este.

<sup>3</sup> O argumento desenvolvido ao longo das duas seções deste artigo baseia-se, de modo geral, no Livro I de *O Capital*. (Marx, 2012[1867])

<sup>4</sup> Em outros termos, condição que seria inerente a qualquer formação socioeconômica.

Para isto partimos, na primeira subseção, das determinações que podem ser percebidas pela análise abstrata da circulação mercantil. É importante salientar que, embora tal análise abstraia inicialmente de categorias centrais da produção regida pelo capital (p.ex. o próprio capital), o objeto é, desde o início, a sociedade capitalista, mesmo que alguns de seus contornos mais decisivos compareçam apenas em um momento posterior, nas duas subseções seguintes. Na segunda subseção, abordamos a dinâmica do movimento do valor como valor-capital. A terceira subseção abrange o processo de acumulação e seus desdobramentos em termos de expansão da produção.

## 1.1 – O valor como categoria da troca

De modo a oferecer uma primeira aproximação a este novo entendimento é preciso, se partimos de uma perspectiva marxiana, retomar uma análise fundada na categoria do *valor*.

É um traço distintivo do modo de produção capitalista que os produtos do trabalho humano tenham a natureza dialética de serem valores-de-uso (dimensão esta certamente comum aos produtos do trabalho de todas as épocas) e valor; i.e. que assumam a forma de mercadoria. É evidente que muito antes da emergência e consolidação da presente formação socioeconômica, o produto do trabalho já tomava eventualmente a forma de mercadoria. Entretanto, na sociedade regida pelo capital, a mercadoria constitui-se como a forma elementar da riqueza social.<sup>5</sup> Dito em outros termos, é específico deste modo de produção que o produto do trabalho humano objetive-se na forma de mercadorias, não apenas de maneira eventual, marginal ou esporádica, mas de maneira generalizada e contínua, universal.

Como a produção de mercadorias é necessariamente produção para a venda, afirmar que o produto social assume universalmente a forma de mercadoria equivale a dizer que o produto do trabalho social é, desde sua concepção e para cada produtor, destinado à venda; destinado portanto a trocar de mãos. Sendo assim, o produto do trabalho é, para o produtor direto, sempre um não-valor-de-uso, dado que está destinado desde o princípio a ser alienado na troca. É destinado, dessa forma, ao atendimento de necessidades outras que não as suas próprias e de seus dependentes.

Como consequência, cada produtor individual confirma seu trabalho como parte integrante do trabalho social apenas ao ratificar a necessidade e utilidade do seu produto por meio da realização da troca. Além disso, satisfaz seu conjunto de necessidades apenas na medida em que consegue apropriar-se, por meio da troca, de outras mercadorias. Interessa ao possuidor da mercadoria, portanto, em que proporção ela troca-se por outros produtos. Em outras palavras, o produto de seu trabalho atende suas necessidades apenas na medida em que lhe faculta reivindicar para si uma dada parcela da totalidade da riqueza social. A magnitude desta parcela será determinada pela massa de valor em seu poder; i.e. pelo produto do seu trabalho enquanto valor.

No ato da troca, produtos de existência material e caráter útil diversos – i.e. de valores-de-uso distintos – são tornados equivalentes, em proporções determinadas, por sua qualidade de serem trabalho humano objetivado, i.e. por serem valor. É o valor, portanto, posto como categoria da troca (ou seja, como valor-de-troca), que estabelece a relação entre os trabalhos privados. O mercado é o *locus* necessário da mediação entre o trabalho individual e a riqueza social produzida e, sendo assim, é a troca a forma

---

<sup>5</sup> “A forma mercadoria é a mais geral e mais elementar da produção burguesa, razão por que surgiu nos primórdios, embora não assumisse a maneira dominante e característica de hoje em dia”. (Marx, 2012[1867]: 104)

dominante de distribuição desta riqueza e o ato que constitui-se como realização do valor.

Na troca, diz Marx, patenteia-se a contradição interna da mercadoria como oposição externa: aliena-se valor-de-uso por um determinado valor-de-troca, expresso numa quantidade determinada de outra mercadoria, de valor-de-uso distinto. No curso do desenvolvimento histórico da produção de mercadorias, o dinheiro surge como “mercadoria especial”<sup>6</sup> cuja função fundamental é, entre outras, a de expressar o valor de todas as mercadorias. O dinheiro passa então a intermediar a circulação das mercadorias sem, no entanto, superar definitivamente esta contradição básica. A operação continua sendo a de ceder valor-de-uso (que para si é não-valor-de-uso) em troca de valor – objetivado em dada proporção de outra mercadoria (geralmente o dinheiro) que iguale em valor a mercadoria que se aliena; em valor-de-troca que será, no ato seguinte (mas sem que a sequência seja necessariamente imediata) trocado por um valor-de-uso (ou um conjunto de valores-de-uso). Não é o dinheiro, contudo, que torna as mercadorias comensuráveis entre si. Elas são comensuráveis por serem encarnação do trabalho humano e, apenas por isso, podem medir seus valores por meio do dinheiro.

Se no ato da troca os indivíduos igualam os valores que possuem – i.e. igualam seus trabalhos – e se a troca é o interposto dominante entre o indivíduo e os objetos necessários ao atendimento de seus carecimentos, então podemos afirmar que quanto mais valor se possui, maior o volume e a variedade de valores de uso aos quais tem-se acesso.<sup>7</sup>

O dinheiro, por sua vez, é a forma comum do valor das mercadorias que expressa este poder de atração sobre a riqueza social, sendo conversível, se na proporção correta, em qualquer uma delas. Qualquer um, no entanto, só pode retirar em dinheiro da circulação o que lhe fornece em mercadoria. Como cada produtor não produz para si, mas para outrem, sua produção não é limitada ou determinada pelos seus próprios carecimentos e de seus dependentes. Em princípio, não há um limite pré-estabelecido da quantidade de dinheiro que ele pode obter na circulação. Quanto mais produz, mais pode vender<sup>8</sup> e, por consequência, maior a amplitude de seu acesso à riqueza material. A conclusão que se depreende daí é que a circulação generalizada de mercadorias é estruturada de uma forma tal que a riqueza produzida *tende* a crescer. Sendo assim, existe, já neste nível de abstração (ainda que apenas enquanto possibilidade), o impulso à expansão da produção, originada nesta oportunidade de enriquecimento.<sup>9</sup>

Até agora tratamos do valor como categoria específica do capitalismo, mas sem uma análise mais detida do valor enquanto *capital*. O argumento desenvolvido a seguir tem como objetivo demonstrar não apenas o impulso à expansão da produção, mas esta expansão como necessidade imanente.

---

<sup>6</sup> O que confere seu caráter “especial” é justamente o seu valor-de-uso, neste caso o de expressar o valor de outras mercadorias. As outras “mercadorias especiais” são a força de trabalho e a mercadoria-capital. (Marx, 2012[1867]; Carcanholo, 1998)

<sup>7</sup> “A mercadoria, como valor-de-uso, satisfaz uma necessidade particular e constitui um elemento específico da riqueza material. Mas o valor da mercadoria mede o grau de sua força de atração sobre todos os elementos dessa riqueza e, por conseguinte, a riqueza social do seu possuidor” (Marx, 2012[1867]: 159)

<sup>8</sup> Os limites impostos pela esfera do consumo a essa lógica (sem limites) são analisados em Sá Barreto (2013)

<sup>9</sup> “Do ponto de vista da qualidade ou da forma, o dinheiro não conhece fronteiras: é o representante universal da riqueza material, pois é conversível em qualquer mercadoria. Mas qualquer porção real de dinheiro é quantitativamente limitada, sendo meio de compra de eficácia restrita. Essa contradição entre a limitação quantitativa e o aspecto qualitativo sem limites impulsiona permanentemente o entesourador para o trabalho de Sísifo da acumulação”. (Marx, 2012[1867]: 160)

## 1.2 – O valor como valor-capital

Até este ponto da análise, estava pressuposta a circulação de mercadorias seguindo o circuito M–D–M. Contudo, o capital-dinheiro distingue-se do valor-dinheiro primeiramente pela sua forma de circulação. O dinheiro, transformado em capital, passa a circular segundo o circuito D–M–D'. Esta, no entanto, não é mera mudança de forma, mas uma forma distinta de circulação que carrega em si mudanças importantes de conteúdo.

Na primeira, o objetivo final do intercâmbio é sempre um valor-de-uso, destinado a atender uma necessidade específica daquele que inicia o circuito realizando a venda de sua mercadoria. A despeito do impulso à expansão da produção já contido nesta forma de circulação – que, mesmo abstraindo-se de categorias decisivas como o próprio capital, é regida pelo valor – o fim do processo é sempre a retirada de uma mercadoria da circulação e sua realização como valor-de-uso. O dinheiro muda continuamente de mãos, ocupando em cada ato de troca o lugar da mercadoria expelida. A operação renova-se, portanto, de acordo com a renovação da necessidade que a motivou; a repetição é determinada por uma “finalidade situada fora da operação” – o consumo do valor-de-uso.

Na segunda, muda o ponto de partida e a *meta final* do movimento. O valor-de-troca passa a ser o objetivo que impulsiona e determina todo o processo. O dinheiro, que dá início ao circuito, retorna ao seu detentor original acrescido de mais-valor.<sup>10</sup> O não-retorno, quando ocorre, caracteriza a operação como mal-sucedida. Sendo assim, o início e o fim do processo diferem apenas quantitativamente. Como o objetivo que orienta toda a operação é exatamente esta expansão quantitativa, o movimento renova-se constantemente.<sup>11</sup> Se, por algum motivo, a contínua repetição deste ciclo encontra um fim definitivo – p.ex. sendo o dinheiro ao final do processo utilizado em consumo pessoal do capitalista, não-produtivo –, retorna-se a M–D–M e o dinheiro deixa de funcionar como capital; i.e. deixa de ser capital quando não repete continuamente o ciclo D–M–D'.

O retorno do dinheiro acrescido de mais-valor é determinado “pela maneira como foi despendido”. Enquanto o entesourador acumula dinheiro retirando-o constantemente da circulação, o capitalista acumula lançando-o – e de uma maneira determinada – na circulação. Em outras palavras, deve o dinheiro ser despendido *como capital*. E o primeiro passo na transformação do valor em capital é a conversão de uma dada quantidade de valor-dinheiro em meios de produção e força de trabalho; o segundo, consiste em lançar as mercadorias produzidas à circulação.

Naturalmente, é a dissolução de formações sociais pré-capitalistas (em particular do feudalismo europeu), que leva tanto a extensas expropriações de riqueza sob a forma não-capitalista e sua reapropriação como capital. Também é a dissolução das condições materiais necessárias à reprodução das classes de produtores coagidos por laços de compulsão direta (servos e escravos), de um lado, e a limitação produtiva das economias fracionadas de trabalhadores livres (artesanato e pequena produção campesina), de outro, que explica o surgimento da classe de trabalhadores assalariados.

---

<sup>10</sup> Seguimos a tradução de *Mehrwert* (usualmente traduzida como mais-valia) sugerida por Mario Duayer na edição brasileira dos *Grundrisse*. (Marx, 2011: 23)

<sup>11</sup> “Se se cogita de aumentar o valor, haverá para as 110 libras o mesmo afã de crescer-lhes o valor que havia para as 100 libras, uma vez que ambas são expressões limitadas do valor-de-troca, possuindo a tendência de se aproximarem da riqueza em sentido absoluto através da expansão de suas magnitudes”. (Marx, 2012[1867]: 182)

Trabalhadores esses que livres da coerção direta, mas “livres” também da propriedade dos meios de produção, aparecem em massa no mercado vendendo força de trabalho como mercadoria.

Como amplamente conhecido, o valor da força de trabalho é correspondente ao valor dos meios necessários à manutenção e reprodução (e por isso inclui-se o necessário aos dependentes) de seus possuidores. Também é bem conhecida a demonstração de Marx de que o trabalho objetivado na força de trabalho e aquele que ela pode realizar são dissociados entre si. Em outros termos, o valor da força de trabalho e o valor que, ao ser empregada, ela pode criar são de magnitudes distintas. Basta, portanto, para a criação de mais-valor, que o tempo de trabalho socialmente necessário à manutenção e reprodução da força de trabalho seja inferior a uma jornada inteira, i.e. ao tempo de trabalho despendido.<sup>12</sup> Durante parte da jornada o trabalhador reproduz o valor pago em salários e no restante cria mais-valor.

A existência da força de trabalho como mercadoria disponível no mercado é, pelo exposto, mais um dos traços fundamentais que caracteriza a época capitalista. Nesta condição, é pressuposto para a existência do capital. O capital tem, portanto, origem na circulação – por depender de encontrar a força de trabalho disponível no mercado – mas também fora dela, por depender da produção de mais-valor o seu processo de expansão. Pode-se afirmar então que a busca pelo valor-de-troca (ilustrada no início da seção pelo circuito D–M–D’) é, na verdade, expressão fenomênica da busca pelo valor e, mais especificamente, pelo mais-valor. A necessidade que se satisfaz com valores de uso passa então a estar subordinada a uma necessidade de outra natureza. A *necessidade*, na formação socioeconômica regida pelo capital, é a produção e realização de mais-valor, sua transformação em dinheiro por meio da venda das mercadorias nas quais este se incorpora.

A relação sintetizada na taxa de mais-valor como a razão entre o mais-valor e o valor adiantado em capital variável expressa a proporção em que o valor novo criado supera o valor adiantado em força de trabalho. Esta mesma relação pode também ser tomada como a razão entre parcelas determinadas de tempo de trabalho; como a relação entre o tempo que supera o necessário à reprodução do valor da força de trabalho (*tempo de trabalho excedente*) e o tempo de trabalho em que se reproduz valor equivalente ao capital variável (*tempo de trabalho necessário*).

Neste registro, a proporção em que o valor novo criado divide-se entre valor da força de trabalho e mais-valor é determinada pela duração da jornada e pela intensidade<sup>13</sup> e produtividade<sup>14</sup> do trabalho. Quanto mais longa a jornada, e consideradas constantes a produtividade e intensidade do trabalho, maior a massa de valor produzida. Como o valor da força de trabalho, nessas condições, permanece inalterado, cresce também a massa de mais-valor.

Por outro lado, dadas a duração da jornada e a intensidade do trabalho, produz-se sempre a mesma massa de valor, independentemente de oscilações no *nível geral* de produtividade. Contudo, se a produtividade aumenta, a parcela correspondente ao mais-valor aumenta na medida em que diminui a parcela correspondente ao valor da força de trabalho, que tende a cair *em decorrência da* produtividade aumentada. Ou seja, por cair

---

<sup>12</sup> Admitindo-se, evidentemente, que esta jornada ocorra ao menos sob as condições médias vigentes de produção.

<sup>13</sup> Os efeitos da variação da intensidade serão abordados a partir da segunda seção.

<sup>14</sup> “Entendemos aqui por elevação da produtividade do trabalho em geral uma modificação no processo de trabalho por meio da qual se encurta o tempo de trabalho socialmente necessário para a produção de uma mercadoria, conseguido-se produzir, com a mesma quantidade de trabalho, quantidade maior de valor-de-uso” (Marx, 2012[1867]: 365)

o tempo de trabalho necessário aumenta o tempo de trabalho excedente. Interessa ao capital estender o tanto quanto for possível o tempo de trabalho excedente. Por isso, os limites (naturais, legais etc.) à extensão da jornada de trabalho exigem que as “condições técnicas e sociais do processo de trabalho” sejam continuamente transformadas a fim de reduzir o tempo de trabalho necessário. Neste contexto, aumenta ou diminui o mais-valor *em decorrência da* diminuição ou aumento do valor da força de trabalho, que depende de variação no nível de produtividade nos ramos decisivos cujos produtos compõem os meios de subsistência normais.

Em termos da produção de valor, os ganhos de produtividade podem ter dois efeitos distintos. Se o aumento da produtividade ocorre apenas para um capital isolado (ou alguns poucos) de tal forma que o tempo de trabalho socialmente necessário à produção daquela mercadoria não seja afetado, aumenta a massa de valor produzida, pois cada unidade produzida (em maior número, devido ao maior nível de produtividade) continua sendo encarnação de um valor de mesma magnitude.<sup>15</sup> Se, por outro lado, a elevação do nível de produtividade é generalizada, produz-se, como já mencionado, a mesma massa de valor a cada jornada de trabalho. Esse valor, todavia, agora distribui-se por uma quantidade maior de mercadorias. Cai, portanto, como resultado da redução do tempo de trabalho *socialmente* necessário, o valor de cada unidade produzida.

O resultado em termos da produção de valores-de-uso de uso é, ao contrário, inequívoco. Tanto a expansão da jornada de trabalho quanto a elevação dos níveis de produtividade – seja ela pontual ou generalizada – têm como consequência direta a expansão da produção e o aumento do consumo de meios de produção (meios de trabalho, materiais auxiliares, matérias-primas, energia etc.) que a acompanham.

E é esta massa necessariamente crescente de valores de uso que oferece um primeiro indício importante dos desdobramentos materiais da expansão do capital enquanto valor. Em outros termos, indica uma possível debilidade fundamental da noção de *desmaterialização*.

### 1.3 – Acumulação e expansão da produção

Até este ponto, esteve pressuposto como constante o número de trabalhadores empregados na produção. Observou-se, a partir da relação entre trabalho excedente e trabalho necessário (a taxa de mais-valor), como os esforços pela expansão do mais-valor desdobram-se no aumento da produção e do produto excedente. Considerando, no entanto, a taxa de mais-valor constante, a massa de mais-valor produzida depende do número de trabalhadores empregados (e varia na razão direta deste número). Este número é determinado, entre outros fatores, pela capacidade dos meios de produção de ocupar trabalhadores. Esta capacidade, por seu turno, depende tanto das características técnicas dos meios de produção quanto da magnitude de seu conjunto. Depende, em síntese, da composição técnica do capital.

A simples expansão da massa de mais-valor, contudo, não cumpre o objetivo de todo o processo. Como já afirmado, as mercadorias devem ter seu valor realizado por meio da venda. Porém, não apenas isso. O valor realizado na venda deve retornar à circulação *como capital*. E não apenas o valor equivalente ao capital inicialmente adiantado, mas também parte do mais-valor deve ser aplicado como capital, i.e. deve

---

<sup>15</sup> “O verdadeiro valor de uma mercadoria, porém, [...] não se mede pelo tempo de trabalho que custa realmente ao produtor em cada caso, mas pelo tempo de trabalho socialmente exigido para sua produção” (Marx, 2012[1867]: 368)



retornar ao mercado comprando meios de produção e força de trabalho. O capital somente se expande sendo continuamente lançado à circulação em escala ampliada.<sup>16</sup>

A velocidade e a magnitude desta reprodução em escala ampliada, por depender da produção e realização de mais-valor, é também determinada pelos mesmos fatores já analisados que concorrem para a produção deste. Além disso, à medida que o mais-valor é agregado ao capital antigo, aumenta o poder de acumulação do capital, por produzir esta massa crescente de mais-valor e, em decorrência disso, por possibilitar que uma parcela cada vez maior do mais-valor seja capitalizada, sem que o fundo de consumo do capitalista precise sofrer reduções em termos absolutos, podendo até mesmo aumentar em termos absolutos enquanto declina em termos relativos. Assim, portanto, quanto maior a magnitude do capital, maior sua capacidade de acumulação.<sup>17</sup>

A acumulação do capital pode ocorrer de duas formas. Como expansão meramente quantitativa do capital empregado, sem mudança em sua composição técnica, ou como expansão acompanhada de transformações qualitativas, como o aumento da produtividade, expresso na elevação da composição técnica do capital.<sup>18</sup> No curso do desenvolvimento do modo capitalista de produção, os intervalos em que a acumulação ocorre apenas da primeira forma ficam cada vez mais curtos e à medida que a acumulação com transformação técnica torna-se mais frequente – e com ela a elevação da composição técnica – diminui a capacidade dos meios de produção de ocupar trabalho.

Os novos ramos produtivos (de produtividade mais elevada) têm, portanto, menos poder de empregar força de trabalho. Mas mesmo nos ramos já existentes, chega o momento de substituição do aparato produtivo, que assumindo novo nível de produtividade, tende a desempregar trabalhadores antes empregados. No primeiro caso, emprega menos trabalhadores; no segundo, desemprega trabalhadores.<sup>19</sup> É preciso frisar, entretanto, que a renovação da estrutura produtiva, com o conseqüente aumento da composição do capital, em geral ocorre em meio à expansão extensiva do escopo da produção capitalista. Isso significa dizer que a repulsão de força de trabalho provocada pelo aumento da produtividade é compensada pela atração de força de trabalho pela extensão da lógica capitalista a novos mercados, a domínios mais amplos da vida social, a novas regiões etc.

De qualquer forma, o resultado pode ser enunciado da seguinte forma: no curso da acumulação, os esforços empreendidos pelos capitalistas individuais para a produção, expansão e apropriação do mais-valor tendem a reduzir *relativamente* a participação do trabalho vivo, a substância do valor, no processo produtivo. Deve o capital, portanto, acelerar seu ritmo de expansão apenas para continuar “ocupando os trabalhadores que se encontram empregados”.<sup>20</sup>

---

<sup>16</sup> “A retirada do dinheiro da circulação impediria totalmente sua expansão como capital, e a acumulação de mercadorias com fins de entesouramento não passaria de uma loucura”. (Marx, 2012[1867]: 687)

<sup>17</sup> A concorrência encarrega-se de impor a cada capitalista a necessidade de expandir seu capital por meio da capitalização de parte do mais-valor, seja em ramos já existentes – exigindo a expansão de seus respectivos mercados – seja em ramos emergentes ou nascentes, criando mercados inteiramente novos.

<sup>18</sup> O “grau de produtividade do trabalho, numa determinada sociedade, se expressa pelo volume relativo dos meios de produção que um trabalhador, num tempo dado, transforma em produto, com o mesmo dispêndio de força de trabalho. A massa dos meios de produção que ele transforma aumenta com a produtividade de seu trabalho” (Marx, 2012[1867]: 725)

<sup>19</sup> “O capital adicional formado no curso da acumulação atrai, relativamente à sua grandeza, cada vez menos trabalhadores. E o velho capital periodicamente reproduzido com nova composição repele, cada vez mais, trabalhadores que antes empregava”. (Marx, 2012[1867]: 731)

<sup>20</sup> Aqui ainda não estão considerados os incentivos de cada capitalista individual a diminuir o número de trabalhadores que emprega sob seu capital. Este tema será tratado na próxima seção.

Este ritmo frenético de acumulação gera uma “massa de riqueza social que se torna transbordante”, riqueza essa que pode se converter em capital e continuar a alimentar e reproduzir a expansão do capital, da produção e, também argumentaremos abaixo, do consumo de recursos que necessariamente a acompanha.

#### 1.4 – CODA

O argumento desenvolvido ao longo desta seção, em um nível de abstração ainda bastante elevado, já é capaz de demonstrar que o impulso à expansão da produção é um elemento inerente à formação socioeconômica regida pelo capital; está inscrito em seu “código genético”. Se, por um lado, em outras formações sociais progressas o aumento da produção apresentava-se como ocorrência acidental ou mesmo como tendência verificada *post festum* – e, portanto, não como *necessidade* – no capitalismo, por outro, o imperativo ao crescimento encontra-se fundado no valor enquanto elemento estruturante da produção e distribuição da riqueza.

Se o processo de produção social é regido pelo valor, i.e. se é produção capitalista, sua expansão constitui-se como necessidade imanente, como absoluto imperativo para a contínua reprodução das relações de trabalho e de propriedade que caracterizam esta sociedade. Em outros termos, a sociedade capitalista só garante sua contínua reprodução *como sociedade capitalista* nas bases de uma contínua expansão da produção.

Ainda não é possível, com a análise aqui realizada, afirmar que tal crescimento é necessariamente acompanhado por maior consumo de recursos e emissões de resíduos. Resta, portanto, demonstrar em maior detalhe que a produção crescente de valores de uso impõe exigências também crescentes sobre os recursos disponíveis (aqui nos referimos especificamente aos recursos naturais usados como insumos ou como sorvedouros de poluentes). Embora esta seção já ofereça elementos importantes neste sentido – e a própria realidade concreta proporciona evidências contundentes de que é isso que de fato ocorre – é preciso aprofundar-se nesta relação entre produção e consumo material.

Na literatura, há uma clara divisão quando se trata de estabelecer uma conexão entre o crescimento econômico e as exigências materiais impostas ao planeta (seja na forma de matérias-primas, resíduos, emissões etc.). Parte dos autores proclama que os avanços tecnológicos obtidos até hoje já realizaram a façanha de compatibilizar a expansão da produção a exigências materiais declinantes. Outro grupo aponta o crescimento econômico como a causa fundamental da não-realização do potencial poupador da tecnologia, receitando, como cura para este mal, avanços tecnológicos em maior velocidade.<sup>21</sup> Dito de outra forma, a noção de desmaterialização se sustenta, em virtualmente todo o espectro do debate ambiental a partir da ciência econômica, no entendimento de que o progresso tecnológico gera economia de recursos.

A próxima seção busca articular a perspectiva marxiana da dinâmica do desenvolvimento tecnológico (ou, de maneira mais geral, do avanço das forças produtivas) a essa discussão. Neste sentido, as questões mais gerais a serem respondidas são: é possível que avanços tecnológicos “desmaterializem” o crescimento econômico? Ou seja, é possível, no capitalismo, expandir a produção e, ao mesmo tempo, reduzir em termos absolutos as exigências materiais e energéticas da produção?

---

<sup>21</sup> Alguns poucos autores chegam a sustentar a necessidade de operar um decrescimento (conscientemente coordenado) da produção. Esta posição – defendida no interior dos parâmetros reprodutivos da sociedade capitalista – é, por tudo que vimos no presente artigo, uma insensatez. Para um exemplo deste tipo de formulação, cf. Kallis (2011) e van den Bergh (2011).

## **2 – Desenvolvimento das forças produtivas e os impulsos aos ganhos de produtividade e eficiência**

### **2.1 – Considerações preliminares**

A naturalização do imperativo absoluto de expansão do capital oferece uma primeira explicação por que as repostas oferecidas à questão das emissões antropogênicas de GEE (e mesmo a outros problemas ambientais não diretamente tratados neste trabalho) passam ao largo de – ou, quando muito, apenas tangenciam – qualquer discussão sobre formas de organização e controle consciente da produção social com impactos estruturais que possam colocar em risco as condições fundamentais de valorização do capital.

Por um lado, o crescimento da riqueza sob a forma de valor é tomado prontamente como a forma universal de crescimento da riqueza. É apenas neste sentido que o ímpeto expansionista do capital é reconhecido (de forma acrítica). Por outro lado, a contrapartida de tal expansão em termos materiais é em geral abstraída.

Em trabalhos anteriores, tivemos a oportunidade de ilustrar o quão relevante é o papel atribuído a novas tecnologias na elevação dos níveis gerais de eficiência (em geral) e à alegada redução das exigências energéticas da atividade humana por elas possibilitada (em particular). Mesmo que as trajetórias de consumo de energia e eletricidade sejam flagrantemente ascendentes – o que, ao menos a princípio, desautorizaria qualquer fantasia a respeito da assim chamada desmaterialização da produção –, a justificativa quase unânime é que o desenvolvimento tecnológico até aqui realizado permitiu que aumentos ainda mais acelerados fossem evitados.

O argumento mais geral consiste em afirmar que novas tecnologias, ao tornarem o processo produtivo mais eficiente, permitiriam continuar expandindo os níveis de produção sem a necessidade de uma expansão proporcional no consumo de insumos, incluídos aí recursos naturais e energéticos.

Colocado nesses termos, contudo, o avanço tecnológico sequer engloba integralmente o que normalmente se entende como desenvolvimento tecnológico, deixando de lado transformações técnicas que, por sua natureza, aumentam a demanda por insumos produtivos. A virada do século XIX para o século XX, com o nascimento da indústria do petróleo e da indústria elétrica, oferece alguns exemplos importantes (relacionados ao consumo de energia) deste aspecto em geral negligenciado da tecnologia. (Freeman & Soete, 2008) O mundo contemporâneo ainda oferece um amplo conjunto de exemplos neste sentido (inclusive, novamente, no próprio setor petrolífero).

Além disso, mesmo que incorpore a ideia de mudanças como as mencionadas acima, o mero desenvolvimento tecnológico não é nem mesmo equiparável à noção marxiana de avanço das forças produtivas. Os ganhos de eficiência são apenas um aspecto da dinâmica mais abrangente de transformações das forças produtivas, que, em linhas muito gerais, ocorre por duas vias: por mudanças nos meios de produção (tanto dos instrumentos de trabalho quanto de matérias-primas e materiais-auxiliares) e por mudanças na organização da produção. A primeira está geralmente associada a avanços tecnológicos. A segunda, não necessariamente. Neste sentido, portanto, também aumentam as forças produtivas por transformações que, embora relacionadas às mudanças técnicas (ou mesmo tornadas possíveis por elas), excedem a dimensão estritamente tecnológica.

A necessidade deste longo preâmbulo justifica-se pela ênfase quase absoluta – presente não somente na literatura econômica, mas também nas publicações do IPCC –

dada ao desenvolvimento tecnológico e, particularmente, às tecnologias que trazem consigo a *possibilidade* de economia de recursos.

No decorrer da presente seção, pretendemos investigar como a tendência aos ganhos de eficiência<sup>22</sup> se articulam a outras dimensões características do processo mais amplo de avanço das forças produtivas e, especialmente, como se insere na dinâmica imanente da produção capitalista, i.e. da produção regida pelo valor e orientada para a máxima expansão possível do mais-valor e, como consequência, do capital.

## 2.2 – Produtividade e intensidade do trabalho e suas relações com a eficiência

A produção de mais-valor *exclusivamente* pela expansão da jornada é típica – embora não tenha deixado de existir, sendo ainda relevante em determinados ramos e localidades – do período em que as condições técnicas de produção encontravam-se apenas apropriadas pelo capital, i.e. sem transformações significativas no processo de trabalho. Neste caso, o controle do capital sobre o processo de trabalho no sentido de elevar a *eficiência* tanto quanto possível transcorre basicamente como controle de desperdícios e utilização adequada dos meios de produção.

No desenvolvimento histórico do sistema, esta base técnica característica da manufatura tornou-se um entrave às necessidades de produção geradas pela própria emergência do modo de produção capitalista. Os limites naturais e legais da extensão da jornada de trabalho impõem a necessidade de reduzir o tempo de trabalho da jornada dedicado ao trabalho necessário para estender o tempo de trabalho excedente.

A produção de mais-valor pelo encurtamento do tempo de trabalho necessário exige, para além de certo limite, que a produção capitalista supere o estágio em que as condições de produção encontravam-se meramente apropriadas pela relação capitalista de trabalho, i.e. o estágio de subordinação formal; exige que “as condições técnicas e sociais do processo de trabalho” sejam transformados “a fim de aumentar a força produtiva do trabalho”.

O desenvolvimento e a disseminação de máquinas, sistemas de máquinas e, posteriormente, da produção automatizada é, como a exploração da maior produtividade oriunda da cooperação já havia sido, uma resposta do capital às barreiras impostas à extensão da jornada de trabalho. Fazendo o trabalhador trabalhar mais rapidamente, o sistema automatizado (além de elevar o nível de produtividade) concentra mais trabalho a cada período, aumentando a intensidade do trabalho, e compensa assim a limitação em termos de duração. Muda a proporção em que a jornada divide-se em trabalho necessário e trabalho excedente sem que seja necessário aumentar sua duração.

Há algumas diferenças e semelhanças importantes entre os efeitos de um ganho de produtividade e de um aumento da intensidade do trabalho que devem ser sublinhadas. Como observado na seção anterior, a elevação do nível de produtividade tem como efeito o aumento da quantidade produzida de valores-de-uso num mesmo período de tempo, mas sem variação da massa de valor. Caso esta elevação ocorra nos ramos que tipicamente produzem os meios de subsistência dos trabalhadores<sup>23</sup>, o tempo de trabalho necessário é reduzido e, *como consequência*, o tempo de trabalho excedente

---

<sup>22</sup> Muitas vezes *produtividade* e *eficiência* são utilizados como sinônimos. Por isso, é importante frisar que, nesta seção do trabalho, nos apropriamos dos termos *de maneira distinta*. Produtividade sempre irá referir-se à produtividade do trabalho ou à produtividade geral na produção (com as devidas indicações, sempre que necessário). Eficiência, por sua vez, irá sempre referir-se à razão entre insumos materiais e produto. Esperamos que a importância ontológica de tal distinção fique clara ao longo da exposição.

<sup>23</sup> Há outros fatores que concorrem para a redução do valor da força de trabalho que, neste trabalho, ainda não levamos em conta.

é estendido. Em outros termos, cai a parcela do valor novo criado correspondente ao valor da força de trabalho para que possa aumentar a parcela correspondente ao mais-valor.

O aumento da intensidade, por sua vez, condensa mais trabalho em menos tempo e equivale, por isso, a uma jornada mais longa. Por esse motivo, juntamente com a expansão resultante da produção de valores-de-uso, aumenta também a massa de valor produzida a cada período. Dessa forma, o tempo de trabalho excedente pode aumentar mesmo na ausência de reduções no tempo de trabalho necessário. Dependendo das condições de produção que se apresentem (p.ex. eventos naturais que venham a causar impactos negativos, por um dado período, na produtividade) as duas parcelas do valor novo podem até mesmo crescer simultaneamente se a intensidade do trabalho for elevada. Como neste caso a divisão entre valor da força de trabalho e mais-valor independe da contração do tempo de trabalho necessário, ao contrário do que ocorre no ganho de produtividade, o mais-valor produzido pode aumentar independentemente das características do produto (se compõe o conjunto dos meios de subsistência ou não) dos ramos afetados. Uma queda geral de produtividade pode ser, por exemplo, compensada por um aumento da intensidade, caso em que seria reduzido relativamente o mais-valor criado sem que sua magnitude em termos absolutos fosse necessariamente alterada.

Em síntese, o ganho de produtividade, traduz-se como expansão do produto para um dado dispêndio de trabalho e período de tempo. O mesmo valor distribui-se, portanto, por um volume maior de valores-de-uso. Com aumento da intensidade, aumenta o produto, porém com maior dispêndio de trabalho para um dado período de tempo. Maior volume de valores-de-uso e maior massa de valor, portanto. O tempo de trabalho agora se mede não somente segundo sua duração (extensão), mas também segundo sua intensidade (condensação). Equivale dizer que o próprio tempo é condensado, pois um trabalho de intensidade acima da média cria em 6 horas, por exemplo, o mesmo valor (e não somente o mesmo número de valores-de-uso) que um trabalho de intensidade normal cria em 8 horas.

Deste modo, considerada constante a duração da jornada, tanto a elevação da produtividade quanto a da intensidade do trabalho são formas – que, pela própria natureza de aprofundamento da automatização da produção no processo de avanço das forças produtivas, podem ser (e normalmente são) simultâneas – de aumentar a taxa de mais-valor.

A primeira, pela expansão do mais-valor relativo, que decorre, como já apontado, da contração do tempo de trabalho necessário com o aumento da produtividade nos ramos decisivos que compõem os meios de subsistência normais dos trabalhadores. Hoje, não é exagero afirmar que uma parcela relevante desses meios possui alguma relação, mesmo que nem sempre direta, com recursos energéticos. Basta imaginar as necessidades de transporte e toda a variedade de bens e serviços básicos que dependem do consumo de eletricidade. Neste sentido, o aumento da eficiência energética concorre, ao reduzir o peso da demanda por energia na fruição e no consumo desses bens e serviços, para o barateamento da força de trabalho e a consequente expansão do mais-valor.

A segunda, pela condensação de mais trabalho em um período fixado de tempo. Em outros termos, pela expansão do mais-valor absoluto. A intensificação do trabalho exige também que se aperfeiçoem os métodos e os meios de produção empregados. A eficiência (em geral) e a eficiência energética (em particular), neste caso, desempenham o papel de tornar possível a aceleração e complexificação do processo de trabalho. Marx (2012[1867]: 470; ênfase adicionada), referindo-se à utilização de maquinário pelo capital para contrarrestar as limitações impostas à jornada de trabalho, cita um claro

exemplo em que se relacionam, direta e reflexivamente, a elevação da eficiência e o aumento da intensidade do trabalho:

“transforma-se a máquina nas mãos do capital em instrumento objetiva e sistematicamente empregado para extrair mais trabalho no mesmo espaço de tempo. É o que se obtém de duas maneiras: aumentando a velocidade da máquina e ampliando a maquinaria a ser vigiada por cada trabalhador, ou seja, seu campo de trabalho. É necessário aperfeiçoar a construção das máquinas para exercer maior pressão sobre o trabalhador. Aliás, esse aperfeiçoamento corre paralelo com a intensificação do trabalho, pois a redução da jornada força o capitalista a administrar da maneira mais severa os custos de produção. O aperfeiçoamento da máquina a vapor aumenta a velocidade do êmbolo e possibilita, *com maior economia de força, impulsionar um mecanismo mais volumoso com o mesmo motor, não se alterando ou mesmo diminuindo o consumo de carvão. O aperfeiçoamento do mecanismo de transmissão diminui o atrito e, o que tanto distingue a maquinaria moderna da antiga, reduz o diâmetro e o peso dos eixos de transmissão a um mínimo em constante decréscimo*”.

Estando pressupostas as condições médias de produção (meios de produção, produtividade e intensidade do trabalho), e sendo a expansão do valor o objetivo que orienta a produção, o trabalho importa apenas em sua dimensão quantitativa, como tempo de trabalho. O fornecimento dessas condições, entretanto, não depende do trabalhador direto. Cabe ao capitalista fornecê-las. Para operar ao menos nos limites das condições médias<sup>24</sup>, é imperativa a completa eliminação de desperdícios, não somente de trabalho, mas também de meios de produção.

Dessa forma, o aumento da produtividade e da eficiência não tem como objetivo primário atingir a economia dos fatores – ou seja, poupar recursos em níveis absolutos – mas expandir a massa de valor passível de ser anexada (apropriada) pelo capital. O desperdício de meios de produção (como, por exemplo, matérias-primas e materiais acessórios, entre os quais é possível incluir-se combustíveis em geral e eletricidade) consiste em trabalho objetivado superfluamente despendido.<sup>25</sup> Em outras palavras, trabalho que não colabora na composição do valor das mercadorias produzidas.<sup>26</sup>

### **2.3 – Produtividade, eficiência e os diferenciais apropriáveis de valor**

O valor de cada mercadoria individual é determinado pelo tempo de trabalho médio necessário à sua produção. Significa dizer que o “valor social”<sup>27</sup> de cada mercadoria não é o tempo de trabalho empregado em cada processo produtivo particular; é determinado pelas condições médias de produção no ramo específico de

---

<sup>24</sup> Veremos adiante que há incentivos para operar-se em níveis mais eficientes do que os determinados pelas condições médias.

<sup>25</sup> Neste sentido, Marx (2012[1867]: 229) afirma: “não deve ocorrer nenhum consumo impróprio de matéria-prima e de instrumentais, pois material ou instrumental desperdiçados significam quantidades superfluamente despendidas de trabalho materializado, não sendo, portanto, consideradas nem incluídas na produção do valor”.

<sup>26</sup> “É da maior importância que durante o processo [...] só se empregue o tempo de trabalho socialmente necessário. [...] Só se considera criador de valor o tempo de trabalho socialmente necessário”. (Marx, 2012[1867]: 223)

<sup>27</sup> O valor, como já demonstrado, é sempre social. Aqui, no entanto, utilizamos os qualificativos “social” e “individual” (sempre entre aspas) para tornar evidente de maneira mais sintética as diferentes magnitudes de trabalho diretamente aplicadas na produção da mercadoria. Sendo assim, “valor social” corresponde ao valor (e, por isso, ao tempo de trabalho socialmente necessário) e “valor individual” corresponde ao tempo de trabalho diretamente aplicado.

cada mercadoria. Sendo assim, o capitalista detentor da mercadoria, ao levá-la ao mercado, recebe por ela o equivalente ao tempo de trabalho social médio nela contido<sup>28</sup>, não ao tempo de trabalho diretamente despendido em sua produção. É possível concluir então que se o tempo de trabalho diretamente despendido for inferior ao tempo médio necessário, este capitalista estará apropriando-se de quantidade de trabalho que de fato não empregou; de quantidade de valor superior a que se apropriaria caso o tempo empregado por ele fosse o tempo médio social. Analogamente, se o tempo de trabalho empregado fosse superior ao tempo médio, estaria se apropriando de uma quantidade de trabalho inferior à de fato empregada.

Suponhamos, por último, que o tempo empregado é exatamente o tempo médio. Se este capitalista individual realiza a introdução de alguma modificação técnica que aumenta a produtividade do trabalho, a quantidade necessária de trabalho para que produza qualquer volume dado de mercadorias diminuirá. Como esta diminuição ocorre apenas para um processo produtivo isolado, o “valor social” da mercadoria não sofre alterações, embora o “valor individual” de cada um de seus exemplares produzidos com o novo método seja reduzido. O capitalista poderá apropriar-se, então, de uma massa de valor que não corresponde diretamente ao trabalho contido em sua mercadoria: o mais-valor extra. Em outros termos, o diferencial de produtividade facultou ao capitalista apropriar-se de tempo de trabalho dos concorrentes. A possibilidade de apropriação desta diferença entre o valor recebido na venda e o “valor individual” da mercadoria gera um impulso para a implementação de novas técnicas, tecnologias ou formas de organização do processo produtivo capazes de ampliar a produtividade do trabalho.

Ocorre, como já sublinhado na seção anterior, que tal elevação da produtividade resulta necessariamente em maior volume de mercadorias. Para que o capitalista aproprie-se do mais-valor extra é imperativo que a venda dessas mercadorias seja bem-sucedida. Se não houver a venda, o valor nelas contido não será realizado e de nada terá valido o ganho de produtividade. O capitalista deve agora encontrar um mercado para suas mercadorias tanto mais extenso quanto maior tiver sido a expansão material de sua produção.<sup>29</sup>

Todavia, este mecanismo de apropriação do mais-valor extra funciona apenas para os primeiros capitalistas individuais pioneiros na nova forma de produzir. O próprio mais-valor extra desaparece à medida que o novo nível de produtividade é generalizado<sup>30</sup> e o “valor social” da mercadoria tende a aproximar-se de seu “valor individual”.<sup>31</sup>

Já foi salientado anteriormente que a determinação do valor exige que não mais que o tempo de trabalho social médio seja aplicado na produção da mercadoria. Caso contrário, haverá trabalho superfluamente despendido, o trabalho realizado no tempo que ultrapassa o tempo socialmente necessário.<sup>32</sup> Esta lei é válida, contudo, não somente para o trabalho vivo, mas também para o trabalho passado, objetivado. A partir disso,

---

<sup>28</sup> Estamos aqui fazendo a suposição simplificadora que as mercadorias se vendem por seus valores.

<sup>29</sup> A apropriação do mais-valor extra depende apenas da realização do valor cristalizado nesta massa aumentada de mercadorias. Para uma análise dos obstáculos a esta realização, cf. Sá Barreto (2013).

<sup>30</sup> Para os capitais que, porventura, se encontram ainda abaixo no novo nível geral de produtividade, existe a alternativa (em geral empregada) de aumentar a intensidade do trabalho para compensar essa desvantagem.

<sup>31</sup> De acordo com Marx (2012[1867]: 369), “esse mais-valor extra se desvanece quando se generaliza o novo modo de produção, desaparecendo, assim, a diferença entre o valor individual das mercadorias que eram produzidas mais barato e seu valor social”.

<sup>32</sup> O trabalho superfluamente despendido também pode ser caracterizado como o trabalho objetivado que, mesmo atendendo às condições médias, não é absorvido pelas necessidades sociais, manifestadas no mercado, i.e. aquele trabalho incorporado em mercadorias não vendidas; valor não realizado.

afirmamos que a determinação do valor também pressupõe que os meios de produção tenham sido aplicados na quantidade e qualidade normais reinantes em dado período e que, como consequência, um primeiro impulso à elevação dos níveis de eficiência se manifesta como controle de desperdícios. A discussão anterior sobre o mais-valor extra permite que se façam observações adicionais.

A análise do mais-valor extra centrada na produtividade refere-se especificamente à contínua tentativa do capital de baratear as mercadorias por meio da diminuição da participação relativa do trabalho vivo em sua produção. Em outros termos, pela redução do valor novo, que corresponde à soma do capital variável e do mais-valor.

Há ainda, entretanto, a parcela correspondente ao valor do capital constante transferido à mercadoria. Quando aumenta a produtividade, transformam-se mais meios e objetos de trabalho em produto em um dado período. Aumenta, portanto, o consumo material de matérias-primas e materiais acessórios, entre eles toda a variedade de recursos energéticos necessários à produção.<sup>33</sup> À medida que aumenta a massa dos meios de produção, o trabalho vivo conserva e transfere uma massa crescente de valor. Tende a aumentar, *relativamente* ao valor novo, o valor transferido do capital constante à mercadoria.

Como qualquer outra mercadoria, os meios de produção têm seu valor determinado pelo tempo de trabalho socialmente necessário à sua produção. O valor que é transferido às mercadorias no processo produtivo pode sofrer variações caso haja mudanças neste tempo. Um maquinário já em operação, por exemplo, irá transferir menos valor se o tempo médio necessário à sua produção sofrer redução. Neste sentido, Marx (2012[1867]: 245) sublinha:

“Se muda o tempo de trabalho socialmente exigido para sua produção, [...] verifica-se uma reação sobre a mercadoria antiga, que não passa de exemplar isolado de sua espécie, cujo valor sempre se mede pelo trabalho socialmente necessário, isto é, pelo trabalho necessário nas condições sociais presentes. [...] Se, em virtude de uma invenção, se reproduz uma máquina da mesma espécie com menos dispêndio de trabalho, sofre a máquina antiga uma desvalorização e passa a transferir ao produto proporcionalmente menos valor”

O raciocínio de Marx pode ser estendido para os meios de produção que consistem em matérias-primas e cujo valor é em geral transferido integralmente à mercadoria a cada processo produtivo (enquanto o valor dos meios de trabalho é transferido ao produto ao longo de sua vida útil). Supondo que a mencionada invenção seja um maquinário ou instalações e equipamentos – ou ainda uma nova forma de gerir o processo produtivo – que reduzam as necessidades de consumo de matérias-primas na produção e que, além disso, tal inovação não seja generalizada, surge (como no caso discutido do aumento da produtividade) um diferencial entre o “valor individual” da mercadoria e seu “valor social”. Como a parcela correspondente ao capital constante que compõe o valor da mercadoria é também determinada pelas condições sociais médias de produção em um dado ramo, mesmo que este processo produtivo reconfigurado utilize menos matéria-prima e que, por isso, o “valor individual” do produto seja reduzido, seu “valor social” permanece o mesmo.

Quanto maior for o nível de eficiência em relação ao nível social médio (no sentido de facultar que se consumam menos matérias-primas para cada volume dado de

---

<sup>33</sup> “A quantidade de matéria-prima consumida num tempo dado por determinada quantidade de trabalho aumenta na mesma proporção em que a produtividade cresce”. (Marx, 2012[1867]: 414-5)



produto), maior será este diferencial apropriável de valor.<sup>34</sup> Há, como consequência, um claro incentivo a forçar continuamente a expansão dos limites da fronteira de eficiência, inclusive, evidentemente, a eficiência energética.

Por último, é necessário considerar o valor dos refugos e resíduos do processo produtivo. Mesmo que parte das matérias-primas e materiais auxiliares seja transformada necessariamente em refugos ou resíduos – ou seja, se a sua geração é resultado do emprego das condições médias de produção – o valor dessa fração que é inutilizada é também transferido ao produto final. A este respeito, citando o exemplo da produção de fios de tecido, Marx (2012[1967]: 241) afirma:

“É mister transformar o valor-de-uso de 15 quilos de algodão em refugo imprestável, para se produzir 100 quilos de fio. A destruição deste algodão é condição necessária à produção do fio. Isto se aplica a todos os refugos do processo de trabalho, na medida em que eles não constituam novos meios de produção e, em consequência, novos valores-de-uso”

Dois aspectos importantes devem ser observados. Por um lado, o impulso anteriormente descrito para a elevação do nível de eficiência tende a ter, como consequência natural da diminuição do volume de matérias-primas necessárias a qualquer *dado nível* de produção, a redução (também relativa) da quantidade de refugos e resíduos produzidos. Neste caso, esta redução resulta de um efeito secundário não intencional – ainda que possivelmente desejável – de modificações motivadas pelo objetivo imediato de aumentar a eficiência e, com isso, o mais-valor apropriado na forma de lucros.

Por outro lado, parece razoável admitir que boa parte destes refugos e resíduos consista em substâncias e materiais poluentes; que, dessa forma, seja do interesse da população, por exemplo, tratar, impedir ou limitar a sua produção. Os interesses do capital, entretanto, convergem neste sentido apenas na medida em que a geração de resíduos é contida da maneira mencionada no parágrafo anterior.

Se uma medida qualquer, empreendida pelo capital no sentido de reduzir a geração de refugos e resíduos para além do nível médio, tiver um efeito poupador de capital, será este efeito (e seus desdobramentos em termos de apropriação de valor) a principal motivação para implementá-la, não a redução dos materiais poluentes em si. Por outro lado, caso a medida seja eficaz na redução dos resíduos, mas não seja ao mesmo tempo poupadora de capital, não há motivo, a partir da perspectiva da valorização do capital, para colocá-la em prática.

Sendo assim, para qualquer nível considerado de eficiência e, em consequência, para qualquer nível considerado normal de produção de refugos e resíduos, não há incentivos para o capital em reduzir tal produção além das reduções já proporcionadas por eventuais ganhos de eficiência. O emprego de trabalho (vivo ou objetivado) específica e exclusivamente voltado a este objetivo teria necessariamente o caráter de trabalho superfluamente despendido.

### 3 – Considerações finais

Pela análise realizada até aqui conclui-se que o processo de avanço das forças produtivas traz consigo ao menos três dimensões distintas, das quais as duas primeiras são geralmente negligenciadas: a elevação dos níveis de produtividade, de intensidade

---

<sup>34</sup> O mecanismo de apropriação e o processo de desaparecimento deste diferencial são os mesmos descritos anteriormente.

do trabalho e de eficiência. A noção de desmaterialização da produção, por outro lado, supervaloriza apenas uma dimensão restrita da dinâmica de desenvolvimento tecnológico, a dos ganhos de eficiência, que poupam energia, porém apenas em termos relativos.

Observou-se anteriormente que as duas primeiras não apenas frustram as expectativas de desmaterialização como, ao contrário, aumentam as exigências de consumo dos meios de trabalho, de matérias-primas e materiais acessórios, entre os quais se inclui toda a variedade de recursos energéticos que participam da produção.

Mais importante que a constatação dos limites da perspectiva que sustenta as mencionadas políticas, contudo, é a demonstração que estes processos possuem uma dinâmica própria e uma causa raiz que impulsiona seu movimento. O objetivo consciente de elevar a força produtiva do trabalho é a máxima expansão possível da massa de lucro. Isso o capital consegue de quatro formas<sup>35</sup>: (i) contraindo o tempo de trabalho necessário pela elevação do nível de produtividade e, conseqüentemente, estendendo o tempo de trabalho excedente e aumentando o mais-valor relativo; (ii) criando um diferencial entre o “valor individual” e o “valor social” de suas mercadorias pelo aumento da produtividade do trabalho e dos níveis de eficiência do processo produtivo; (iii) comprimindo o trabalho que seria realizado em uma jornada normal em períodos de tempo cada vez mais curtos, por meio da maior intensidade imposta no processo de trabalho; (iv) e, finalmente, pela eliminação imperativa de desperdícios (de trabalho vivo e de trabalho objetivado, incorporado nos meios de produção) no processo produtivo, obtida pela aplicação/utilização ao menos das condições sociais médias de produção e dos níveis médios de produtividade, intensidade e eficiência.

Adicionalmente, constatou-se que, pela própria lei que determina o valor das mercadorias como o tempo de trabalho socialmente necessário à sua produção, a redução de refugos e resíduos da produção, nos quais se incluem as emissões de GEE, pode apenas ser realizada como um resultado secundário dos processos apontados no parágrafo acima. Para além disso, o emprego de capital (sob qualquer forma) para este fim constituir-se-ia como trabalho superfluamente despendido, em franca oposição às necessidades autoexpansivas do capital.

Vale ainda frisar que a liberdade do capitalista em se sujeitar ou não à série de impulsos demonstrados ao longo do artigo é meramente formal. Sua vontade individual é constrangida pela concorrência entre capitais e, por isso, desempenha um papel secundário. Se ele não age dessa forma, buscando sempre elevar as forças produtivas sob seu comando – seja de maneira pioneira ou retardatária – seu capital corre o risco de ser destruído ou absorvido por outro de maior porte. Se ele não age “de acordo”, portanto, fica exposto ao risco de perder, pela ação da concorrência, a condição de capitalista. Os impulsos convertem-se, por conseguinte, em compulsão, em imperativo. Neste sentido, Marx afirma (2012[1867]: 369) que a “mesma lei que determina o valor pelo tempo de trabalho e que leva o capitalista que aplica o novo método a vender sua mercadoria abaixo do “valor social” impele seus competidores, coagidos pela concorrência, a adotar o novo modo de produção”.

Todo o argumento desenvolvido ao longo das duas seções pode ser sintetizado como um triplo movimento. Primeiramente<sup>36</sup>, tendem a avançar as forças produtivas da sociedade. Os ganhos de eficiência energética podem figurar como condição ou como consequência deste movimento (ou mesmo como ambos), seja possibilitando transformações econômicas profundas e abruptas no interior da produção capitalista,

---

<sup>35</sup> Nesta análise, ainda abstraímos possíveis divergências entre a massa de lucro e a massa de mais-valor.

<sup>36</sup> Este ordenamento refere-se apenas à forma de exposição. De maneira alguma é indicativo de uma ordem lógica ou cronológica.

seja como importante elemento na luta incessante pela redução dos custos de produção. Entretanto, independente do papel que desempenham tais ganhos em cada caso específico, a energia (em geral) e a eficiência energética (em particular) são indissociáveis desta tendência. Em segundo lugar, a generalização dos processos de maior produtividade, ao mesmo tempo que faz avançar as forças produtivas da sociedade, reduz, exatamente por tal motivo, o tempo de trabalho necessário na produção de mercadorias. Tende a cair, portanto, seu valor. Em terceiro lugar, lembrando que a natureza do capital é autoexpansiva – que, portanto, a massa de valor produzida e apropriada deve aumentar continuamente – a única alternativa à queda do valor unitário é a expansão da produção em proporção que mais que compense as perdas relativas em valor.

E assim sendo, podemos resumir os resultados de todo o processo descrito até aqui como<sup>37</sup>: (i) avanço das forças produtivas, que tem o aumento da eficiência (inclusive, evidentemente, a eficiência energética) como um dos principais elementos; e (ii) expansão da produção e o conseqüente aumento da demanda e consumo de recursos (inclusive os energéticos). Para ilustrar com um caso concreto relacionado à grande questão ambiental de nosso tempo, lembramos que embora a intensidade energética mundial tenha apresentado uma redução contínua nas últimas três décadas (20,5% entre 1980 e 2009, o consumo de energia primária cresceu, no mesmo período, 68,5%. (EIA-DoE, 2012))

Conclui-se, por todo o exposto, que as dinâmicas de evolução das forças produtivas da sociedade (incluídos aí, como momentos parciais, o avanço tecnológico e a elevação dos níveis de eficiência) e do consumo material gerado pela atividade produtiva são, consideradas em sua totalidade, na presente formação social, resultados de uma mesma causa – a saber, a predominância da forma mercadoria e, portanto, a produção regida pelo valor.

Sendo assim, existem limites estruturais objetivos ao descolamento das tendências de expansão da produção e do consumo material no interior *desta* dinâmica; a dinâmica própria da sociedade capitalista. Em outras palavras, a plena realização de algo que se assemelhe aos anseios expressos no conceito de desmaterialização exigem a superação definitiva da presente formação socioeconômica.

## **Referências**

- Burkett, P. (1999b). *Marx and nature: a red and green perspective*, Nova Iorque: St. Martin's Press.
- Carcanholo, M. D. (1998). A importância da categoria valor de uso em Marx. *Pesquisa & Debate*, v.9(2).
- Cohen, C. (2003). Padrões de consumo e energia: efeitos sobre o meio ambiente e o desenvolvimento. IN: MAY, P.; LUSTOSA, M.; VINHA, V. *Economia do meio ambiente*, Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier.
- Duayer, M & Medeiros, J. L. (2008). Marx, Estranhamento e Emancipação: o caráter subordinado da categoria da exploração na análise marxiana da sociedade do capital, *Revista de Economia*, v. 34, p. 151-161.
- Dupas, G. (2008). O impasse ambiental e a lógica do capital. IN: DUPAS, G. (Org.) *Meio ambiente e crescimento econômico*, São Paulo: Editora Unesp.

---

<sup>37</sup> Evidentemente os resultados e efeitos não se resumem a esses dois. Estamos apenas dando o destaque aos efeitos pertinentes à presente discussão.

- Fouquet, R. (2009). A brief history of energy. IN: EVANS, J.; HUNT, L. (Eds.) *International handbook on the economics of energy*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Foster, J. B. (2000). Capitalism's Environmental Crisis: is technology the answer?, *Monthly Review*, v. 52(7), p. 1-13.
- Foster, J. B. (2005b). The Treadmill of accumulation. *Organization & Environment*, v.18(1).
- Freeman, C. & Soete, L. (2008). *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora Unicamp.
- Green, C. et al. (2007). "Challenges to a climate stabilizing energy future", *Energy Policy*, v. 35(1).
- IPCC (2007). Synthesis report, In: *Climate Change 2007: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.
- Kallis, G. (2011). In defense of degrowth. *Ecological Economics*, v.70(5).
- Marx, K. (2012 [1867]). *O Capital: crítica da economia política*, livro I. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.
- Medeiros, J. L. & Sá Barreto, E. (2013). Lukács e Marx contra o 'ecologismo acrítico': por uma ética ambiental materialista. *Economia e Sociedade* [artigo aceito para publicação].
- Mészáros, I. (2002). *Para além do capital: rumo a uma teoria da transição*, São Paulo: Boitempo Editorial.
- Pearce, R. & Turner, R. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment* Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Postone, M. (2006). *Tiempo, trabajo y dominación social: una reinterpretación crítica de Marx*. Madrid: Politépicas.
- Postone, M. (1978). Necessity, labour and time: a reinterpretation of the marxian critique of capitalism, *Social Research*, v.45.
- Sá Barreto, E. (2010) Para uma reinterpretação marxiana do nexo entre eficiência energética e consumo de energia, In: XXXVIII Encontro Nacional de Economia. Salvador: Anpec, 2010.
- Sá Barreto, E. (2012) Para uma reinterpretação marxiana dos desafios socioeconômicos da política climática contemporânea, In: XVII Encontro Nacional de Economia Política. Rio de Janeiro: SEP, 2012.
- Sá Barreto, E. (2013) Apontamentos teóricos para a crítica da economia política do meio ambiente: da possibilidade de um "consumo verde", In: XVIII Encontro Nacional de Economia Política. Belo Horizonte: SEP, 2013
- Small, B.; Jollands, N. (2006). Technology and ecological economics: Promethean technology, Pandorian potential. *Ecological Economics*, v.56.
- van den Bergh, J.C.J.M. (2011). Environment versus growth: a criticism of "degrowth" and a plea for "a-growth". *Ecological Economics*, v.70(5).