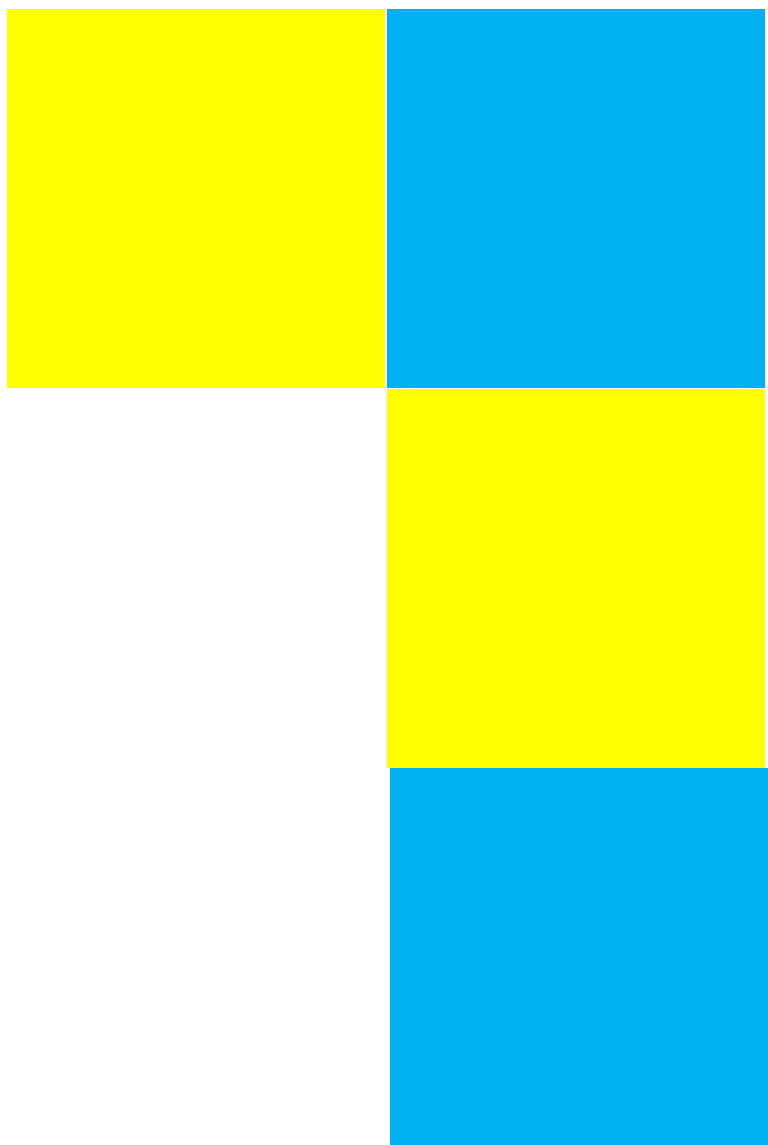


Agenciamentos Maquínicos e transformações ontológicas: máquina a vapor, entropia e contingência

Eduardo Barros Mariutti

Professor Associado do Instituto de Economia da Unicamp e do Programa de Pós-Graduação San Tiago Dantas. Pesquisador do INCT/Ineu e membro da Rede de Pesquisa em Autonomia Estratégica, Tecnologia e Defesa (PAET&D).



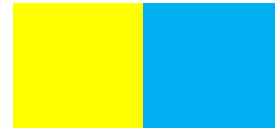
Resumo: O artigo discute o papel exercido pela máquina a vapor e a motorização na transição do mecanicismo para a termodinâmica. O ponto de partida é a proposta de Gilbert Simondon de romper com a “filosofia autocrática da técnica”, que tende a pensar a máquina e as ferramentas como instâncias separadas da vida social, isto é, como simples meios de se obter poder. Contudo, a análise será conduzida pela ideia de *agenciamentos maquínicos* ligada à obra de Gilles Deleuze e Félix Guattari: a teia de relações heterogêneas que combinam de múltiplas formas homens, máquinas e objetos técnicos.

Palavras-chave: mecanicismo, termodinâmica, agenciamentos maquínicos. Lorem

Machinic Assemblages and Ontological Transformations: Steam Engine, Entropy, and Contingency.

Abstract: The article explores the role played by the steam engine and mechanization in the transition from mechanism to thermodynamics. It starts with Gilbert Simondon's proposal to break away from the "autocratic philosophy of technology," which tends to see machines and tools as separate from social life, merely as means of acquiring power. However, the analysis will be conducted through the lens of machinic assemblages, as proposed by Gilles Deleuze and Félix Guattari: the intricate network of heterogeneous relationships that intertwine men, machines, and technical objects in various ways.

Keywords: mechanism, thermodynamics, machinic assemblages.



“A filosofia tecnocrática é em si mesma afetada por uma violência escravizadora, na medida em que é tecnocrática. Todo tecnicismo oriundo de uma reflexão sobre conjuntos técnicos autocráticos é inspirado por uma vontade desenfreada de conquista. Não possui moderação e é carente de controle interno ou de autocontrole. É uma força *desencadeada* que só pode se perpetuar durante a fase ascendente de sucesso ou de conquista. (...)Essa conquista agressiva pode ser caracterizada como um estupro da natureza.” (Gilbert Simondon).

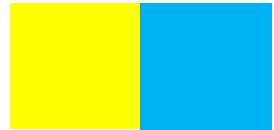
Introdução

A ideia de que os objetos técnicos expressam pressupostos ontológicos e práticas sociais vigentes durante a sua construção é quase consensualmente aceita. Contudo, isso não entra em contradição com uma proposição mais ousada: máquinas e ferramentas nos permitem acessar *mundos* que seriam inimagináveis e inatingíveis sem esses dispositivos. Mesmo quando uma máquina é construída com um propósito claro, a sua mera existência tende a abrir possibilidades que não foram previstas inicialmente. Elas podem derivar da experimentação livre – novos usos, até recreativos – e, também, da combinação com outras máquinas e ferramentas. Há circunstâncias em que o impacto da criação de uma nova máquina favorece transformações ontológicas, como foi o caso do acoplamento sistemático da máquina a vapor às máquinas-ferramentas na Europa do início do século XIX e a criação dos *motores*. Até então preponderava o mecanicismo como cosmovisão, lastreado na ideia de que o mundo é constituído essencialmente por *matéria*, cujo movimento é regido por leis deterministas. Os problemas práticos do emprego do calor para mover máquinas catalisou novos saberes, possibilitando outro entendimento sobre a natureza da realidade: a noção de *energia* desafiou a percepção do mundo como *matéria*, assim como a entropia e o princípio da irreversibilidade dos processos deu um novo estatuto à aleatoriedade, ajudando a erodir o determinismo e a noção de simetria temporal que, até então, só eram desafiadas pelo pensamento mágico que, acossado, persistia nas franjas da sociedade.

Essa questão será pensada mediante a noção de *agenciamento maquínico* e pelos *insights* de Simondon sobre a conexão entre o homem, a técnica e a sociedade. Dentro desse quadro, retomo a concepção marxiana de máquina-ferramenta mediada pela abordagem de Matteo Pasquinelli. Em *The Eye of the Master* (2023) ele ressalta que a absorção das ferramentas pelo maquinário envolveu a apropriação e a automação de saberes coletivos conscientes e inconscientes, possibilitando com isso não somente a aceleração da produção, mas também a imposição de novas métricas e técnicas de vigilância e controle sobre os trabalhadores. Isto prepara o terreno para reiterar a questão central abordada neste artigo: o modo como a generalização da máquina a vapor e a motorização precipitou transformações ontológicas ilustradas pela erosão do determinismo, a tensão entre entropia e progresso e pelo princípio das *leis estatísticas*.

Agenciamentos Maquínicos

Um dos aspectos mais frutíferos da controversa e sinuosa obra de Gilbert Simondon é o esforço de romper com o que ele chama de “filosofia autocrática da técnica”, isto é, pensá-la como uma instância *separada* da vida social na qual as máquinas e os demais objetos técnicos são vistos meramente como um meio para se obter poder. Tendo isso em mente, ele argumenta que é fundamental constituir uma filosofia *não-autocrática* para se pensar a relação entre a técnica e a sociedade e, também, entre o homem e a máquina. O jogo de oposições que emana da tradição humanista ocidental - natureza e cultura, natural e artificial, técnica e sociedade, trabalho manual e intelectual etc. – aprisiona a questão da técnica na chave simplificadora da *dominação*: ou nos libertamos *dominando as máquinas* (e por meio delas a natureza) ou elas irão nos dominar. Trata-se de um falso dilema. Em primeiro lugar, não é adequado pensar o homem como uma entidade que possa existir fora da natureza e, também, do ambiente sociotécnico. Além disso, como costumava insistir Bruno Latour, toda produção de sociedade é também produção de natureza. A técnica



e as máquinas fazem parte do tecido inteiriço da sociedade. Contudo, um desdobramento do argumento de Simondon me parece fundamental: não é possível se libertar *transferindo a escravidão para outras entidades*, sejam elas homens, animais ou máquinas.¹ Portanto, uma filosofia não-autocrática envolve pensar as diversas formas de acoplamento homem-máquina onde nenhum dos termos basta a si próprio.

Logo, o que importa não é a essência das entidades (se é que isso existe) – o homem, a máquina etc. – mas focar nos *agenciamentos maquínicos*, isto é, na teia de relações que combinam de múltiplas formas homens, máquinas e objetos técnicos. Essa abordagem possibilita dialogar com a tradição inaugurada por Gilles Deleuze e Félix Guattari, que definem o agenciamento como um conceito que envolve tanto o *ato de ligar* uma multiplicidade de componentes heterogêneos (*assemble*) quanto o *resultado* dessa articulação. Nesta passagem, Antoine Bousquet capta o que me parece ser essencial:

“Assemblages are heterogeneous collectives of entities that cut across the organic, mechanical, and social strata of reality. Within a given assemblage, the machinic denotes the way that it works, as well as how its various elements relate to each other to form a functional, if temporary, whole. Congruent with this conception is the view that the social and technical are inherently hybridized domains, that human groupings are only possible through the material objects that hold them together. (...) This is not to say that we should treat technical objects as neutral conduits of human agency or as mere conveyer belts for the transmission of wider social forces. Instead, they exert their own form of material agency, shaping and constraining their milieu and the other entities that enter into relation with them.” (2018, p. 16).

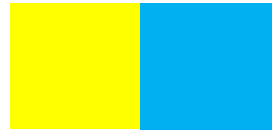
¹ Essa passagem ilustra essa ideia “One could use the term “autocratic philosophy of technics” for a philosophy that takes the technical ensemble as a place where machines are used in order to obtain power [*puissance*]. The machine is only a means; the end is the conquest of nature, the domestication of natural forces by means of a first act of enslavement: the machine is a slave whose purpose is to make other slaves. Such a dominating and enslaving inspiration can coincide with the quest for man’s freedom. But it is difficult to free oneself by transferring slavery onto other beings, men, animals, or machines; to reign over a people of machines that enslave the entire world is still to reign, and every reign presupposes the acceptance of the schemas of enslavement.” (Simondon, 2012, p. 141).

A parte final é particularmente importante: máquinas e objetos técnicos não são instrumentos neutros na mão dos homens ou meras correias de transmissão de forças sociais, dado que exercem formas peculiares de ação material que derivam do *modo* como eles se instanciam na realidade.

Deleuze, tendo a noção de diagrama de Foucault em mente, afirma que “as máquinas são sociais antes de serem técnicas” (2005, p. 49) em um sentido bastante peculiar: a máquina e o objeto técnico devem ser apreendidos sempre de forma transversal, pois sua existência – suas condições de possibilidade – se ligam a combinações *heterogêneas* que abarcam, por exemplo, matéria, pensamento, instituições sociais e formações discursivas.² Máquinas, portanto, são *amálgamas sociais* que possuem diversos modos de existência, todos inseridos nos agenciamentos do qual fazem parte e ajudam a constituir. A expressão *maquínico* denota a tensão entre automatismo e *abertura* que caracteriza a relação homem-máquina. Existem *automatismos* no homem,³ mas mesmo mecanicistas radicais tem reservas em dizer que o homem *é* uma máquina. Por outro lado, máquinas não são totalmente automáticas, algo que hoje é ainda mais evidente por conta das máquinas aprendizes e perceptivas (Wiener, 1989, p. 48-9; Virilio, 1994, p. 59-60) Por fim, o homem produz e transforma as máquinas – geralmente usando outras máquinas e ferramentas – e, ao mesmo tempo, as máquinas *transformam* o homem, suas formas de percepção e a

² Anne Sauvagnargues destaca essa mesma ideia, mas tendo Félix Guattari como referência: “Drawing upon historians and philosophers of technics, including Leroi-Gourhan, Détienne, Mumford and Simondon, Guattari proposes that a technical entity – a tool or a machine (for example, a hammer or an airplane) – should not be studied in isolation without taking into consideration the milieu of individuation that surrounds it and allows it to function. No machine or technical tool exists by itself, for these artifacts only function in an assembled (*agencé*) milieu of individuation, which constitutes its conditions of possibility: there is no hammer without a nail, and thus the interaction between a multitude of technical objects makes the fabrication of hammers and nails possible, while also forming the conditions of their utilization and the practices and habits associated with them. Simondon explains this succinctly: any technical entity refers to an associated technical system, which functions as a transcendental condition of possibility.” (2016, p. 186)

³ Atos reflexos, reflexos autonômicos e a deglutição são os exemplos mais evidentes. Mas habilidades motoras adquiridas pelo treinamento – o jogador de basquete que não precisa olhar para a bola, o nadador que automatiza a sincronização da braçada e da batida de perna etc. – e os reflexos condicionados são outros exemplos de automatismos.



própria vida social.

Uma das melhores ilustrações de como *não* se deve tomar os objetos técnicos isoladamente é a tendência a explicações centradas em uma presumida continuidade como, por exemplo, o argumento fortemente criticado por Jonathan Crary (2012) que a câmera fotográfica é uma evolução da câmara escura. Pensar desse modo impede notar que a noção de *observador* e a própria ideia de visão mudam significativamente entre 1820 e 1830. A câmara escura, entre os séculos XVII e XVIII era muito mais que um simples objeto, dado que ela também encarnava um modelo dominante de explicação sobre a natureza da visão humana e da relação do cognoscente com o mundo que correspondia a uma ótica fundamentalmente geométrica.⁴ Ela representa, portanto, uma metafísica da *interioridade*, pois descorporifica a visão: o ato de ver fica separado do corpo físico do observador, algo que supostamente possibilitaria uma visão *mais objetiva*.

“Talvez o obstáculo mais importante para compreender a câmara escura ou qualquer dispositivo óptico seja a ideia de que o aparelho e o observador são duas entidades distintas; a identidade do observador existe independentemente do dispositivo óptico, que é uma peça física de um equipamento técnico. Pois o que constitui a câmara escura é precisamente sua identidade múltipla, seu estatuto “misto” como figura epistemológica em uma ordem discursiva e objeto em um arranjo de práticas culturais. A câmara escura é o que Gilles Deleuze chamaria de *assemblage* [agenciamento], algo que é “simultânea e inseparavelmente uma montagem como máquina e como enunciação”, um objeto sobre o qual se diz algo e, ao mesmo tempo, um objeto que se usa.” É um lugar em que uma formação discursiva se cruza com práticas materiais. Nesse sentido, a câmara escura não pode ser reduzida nem a um objeto tecnológico nem a um objeto discursivo: ela é um complexo amálgama social cuja existência textual é inseparável de seus usos mecânicos.” (Crary, 2012, p. 37).

⁴ “Esse objeto problemático foi muito mais do que apenas um aparelho óptico. Por mais de duzentos anos, subsistiu como metáfora filosófica, como modelo na ciência da óptica física e também como aparato técnico usado em uma variedade de atividades culturais.” (Crary, 2012, p. 35).

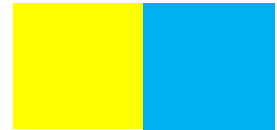
O surgimento da fotografia no século XIX ocorre em meio a transformações significativas nessa *rede de relações heterogêneas*. A concepção de observador mudou, o entendimento da visão humana ganhou uma dimensão fisiológica, assim como magnetismo e a eletricidade transformaram radicalmente o que se entendia por *luz*.⁵ A experiência que o observador – agora entendido como um indivíduo, isto é, um conjunto de *sistemas* superpostos (respiratório, nervoso etc.) – passa a ter com a luz não mantém mais uma relação necessária com a “luz real”, isto é, como fenômeno eletromagnético medido por novos instrumentos.⁶

Embora a imagem fotográfica possa parecer à primeira vista mais “natural”, as práticas associadas a ela são distintas das da câmara escura. A imagem na câmara escura dependia de um posicionamento peculiar do observador e, o que talvez seja mais importante, ela não era reproduzível como a fotografia, que permite uma mobilidade e intercambialidade sem precedentes.

“As fotografias podem ter algumas semelhanças aparentes com tipos mais antigos de imagens, como a pintura em perspectiva ou desenhos feitos com o auxílio de uma câmara escura, mas elas participam de uma imensa ruptura sistêmica que torna insignificantes essas semelhanças. A fotografia é um elemento de um novo e homogêneo terreno de consumo e circulação, no qual se aloja o observador. Para entender o “efeito fotografia” no século XIX, é preciso vê-lo como componente crucial de uma nova economia cultural de valor e troca, não como parte de uma história contínua da representação visual.” (Crary, 2012, p. 22)

⁵ “A visão, em vez de ser uma forma privilegiada de saber, torna-se um objeto do conhecimento, da observação. Desde o início do século XIX, uma ciência da visão tenderá a significar, cada vez mais, uma interrogação acerca da constituição fisiológica do sujeito humano, em vez de uma mecânica da luz e da transmissão ótica. É um momento em que o visível escapa da ordem atemporal da câmara escura e se abriga em outro aparato, no interior da fisiologia e da temporalidade instáveis do corpo humano. (Crary, 2012, p. 73).

⁶ “O modelo da câmara escura torna-se, de novo, irrelevante. A experiência da luz é separada de qualquer ponto de referência estável ou de qualquer fonte ou origem em torno da qual se pudesse constituir ou apreender um mundo.” (Crary, 2012, p. 92).



O deslocamento para a fisiologia no ato de ver também corresponde às pressões da sociedade industrial, pois a “necessidade econômica da rápida coordenação dos olhos e das mãos na execução de ações repetitivas exigiu um conhecimento preciso das capacidades ópticas e sensoriais do homem.” (Crary, 2012, p. 87). Logo, os estudos sobre o olho envolvem a acuidade, os tempos de resposta, limiares de estimulação e fadiga. Mas o aspecto principal é que o foco passou a recair na ideia de *visão subjetiva*, pois os sentidos deixaram de ser vistos como anexos de uma mente racional⁷ e passaram a ser atrelados a sistemas fisiológicos. Os sentidos são fisiologicamente diferentes. Uma causa uniforme – como um choque elétrico – provoca sensações diferentes, de acordo com o nervo em que é aplicado. No nervo ótico, a sensação é de luz, nas ramificações da pele, experimenta-se o tato. Estímulos diferentes no mesmo tipo de nervo provocam a mesma sensação (Crary, 2012, p. 91). Com isso, entra em crise a ideia de uma *imagem natural*, fazendo como que a fotografia deixasse de corresponder a um modelo de *objetividade*. Levando tudo isso em conta, a não ser que se queira aderir a um questionável evolucionismo assentado no determinismo tecnológico, há mais ruptura do que continuidade entre a câmara escura e a câmera fotográfica.

Máquinas e ferramentas na “revolução industrial”.

Como uma primeira aproximação, e tendo como referência a Europa pré-industrial, podemos entender as ferramentas como *exteriorizações* e *extensões* do corpo e do sensorio humano. Essa definição de ferramenta é, na prática, indissociável do princípio da produção artesanal. Um artesão só consegue construir um relógio mecânico, por exemplo, utilizando chaves de fenda de precisão, pinças, limas, raspadores, buris, pequenos martelos e até mesmo lentes para aumentar sua acuidade visual. Em alguns casos o artesão é capaz de produzir suas próprias ferramentas. Um aspecto importante,

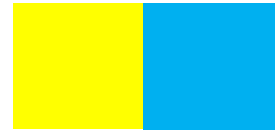
⁷ Galileu insistia que o *perspicillum* era uma prótese da razão, que mitigava as imperfeições do olho e permitia um acesso mais direto – menos subjetivo – ao *objeto*.

muitas vezes negligenciado, é que o artesão encarna um saber transmitido *na prática* de geração em geração, em oficinas, guildas e demais instituições em que se aprendia fazendo, isto é, não havia separação entre o aprendizado formal e a execução das tarefas. O aspecto decisivo é que este *know how* se cristalizava nos artífices, dando concretude a um tipo muito peculiar de conhecimento tácito que, precisamente pela dimensão inconsciente, resiste à formalização e à automação e, também, dificulta a sua difusão para fora das comunidades de artesãos (Ryle, 1946; Polanyi, 1962, p. 55). Não por acaso as oficinas tinham um forte componente ritualístico que, inclusive, soava como mágico para os não iniciados.

As manufaturas e o *putting-out system* na Europa da Baixa Idade Média dependiam das corporações de ofício, que regulavam a transmissão deste *know how* para os aprendizes. Por definição, em uma oficina, o artesão é responsável por realizar todas as etapas da confecção de um bem. Na manufatura e o no *putting-out* as tarefas são decompostas, mas as etapas da produção que podiam ser realizadas por camponeses em seu domicílio ou por assalariados na manufatura não envolviam o saber tácito do artesão. Esta habilidade era necessária no *acabamento*, que geralmente era realizado por aprendizes que, para gerar alguma renda, trabalhavam a revelia do seu mestre, desafiando as regulações das corporações.⁸ Logo, mesmo que houvesse alguma pressão para “multiplicar as forças produtivas”, seu efeito seria muito limitado: o acabamento era feito a mão, por meio de um artesão que detinha um saber raro que, inclusive, era visceralmente ligado a corporações hostis à ideia de um mercado “formador de preços”, como o diria Karl Polanyi.⁹ Portanto, longe de serem rivais, o *putting-out system*, as

⁸ Como se sabe, um aprendiz de artesão não é remunerado pelo seu trabalho (palavra que soaria estranha a ele e ao mestre). Para se tornar mestre de um ofício um aprendiz tinha de ficar cerca de 4 anos em uma oficina até realizar o teste de aptidão, uma barreira de entrada gigantesca para uma economia baseada na agricultura e com mercados segmentados e pouco abrangentes. Por conta disso, as corporações dificilmente poderiam levar a ferro e fogo a proibição do trabalho fora da oficina e, também, a tentativa de combater a produção realizada nas manufaturas e no campo. Não havia concorrência: quem pode comprar um sapato de uma oficina – que é feito sob medida – jamais teria interesse em um sapato grosseiro, feito em alguma manufatura. Toda regulação favorece o surgimento de mercados paralelos que, pelo menos até certo volume, tendem a ser tolerados, enquanto se mostrarem funcionais.

⁹ Maurice Dobb no magistral *Studies in the Development of Capitalism* (1946) notou que, após o surgimento das primeiras fábricas, as corporações resistiram ao assédio da nascente classe industrial, tentando preservar



manufaturas e as corporações de ofício formavam uma espécie de complexo que articulava de forma indireta a cidade ao campo, combinando assalariamento, remuneração por tarefa e atividades artesanais. Marx caracterizou isso como *subsunção formal do trabalho ao capital*: produzia-se para o capital mercantil, mas não *pelo capital*.

A fábrica nasce *contra* essa forma de produção. O aspecto decisivo destacado por Marx é que a autonomização do movimento do capital (D-M-D') exige a *absorção* das ferramentas pelo maquinário, deslocando com isso o papel do artesão e possibilitando a concatenação de diversas *máquinas-ferramentas*:

“Toda maquinaria desenvolvida consiste em três partes essencialmente distintas: a máquina motriz, o mecanismo de transmissão e, por fim, a máquina-ferramenta ou máquina de trabalho. A máquina motriz atua como força motora do mecanismo inteiro. Ela gera sua própria força motora, como a máquina a vapor, a máquina calórica, a máquina eletromagnética etc., ou recebe o impulso de uma força natural já existente e externa a ela, como a roda-d'água o recebe da queda-d'água, as pás do moinho, do vento etc. O mecanismo de transmissão, composto de volantes, eixos, rodas dentadas, polias, hastes, cabos, correias, mancais e engrenagens dos mais variados tipos, regula o movimento, modifica sua forma onde é necessário – por exemplo, de perpendicular em circular – e o distribui e transmite à máquina-ferramenta. Ambas as partes do mecanismo só existem para transmitir o movimento à máquina-ferramenta, por meio do qual ela se apodera do objeto de trabalho e o modifica conforme a uma finalidade. É dessa parte da maquinaria, a máquina-ferramenta, que nasce a revolução industrial no século XVIII. Ela continua a constituir um ponto de partida, diariamente e em constante renovação, sempre que o artesanato ou a manufatura se convertem em indústria mecanizada” (Marx, 2013, p. 447).

As fábricas, quando subsumidas ao capital, tendem a impor a sua lógica e a fagocitar todas as formas de produção alternativas que estejam ao alcance de suas mercadorias.

elementos da tradição. Como era difícil vencer essa resistência atuando “de fora para dentro”, a tática mudou: a nascente classe industrial começou a penetrar institucionalmente nas corporações – ou criar novas – para mudá-las “de dentro.”

Isso esbarra na forma de produção do saber técnico: as oficinas e corporações de ofício são desalojadas pela *ciência aplicada*.¹⁰

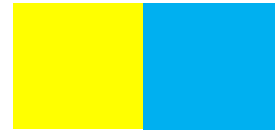
Um ponto importante a ser destacado é que Marx não adere ao hoje quase ubíquo argumento que a invenção da máquina a vapor revolucionou a produção ao multiplicar as “forças produtivas”. A “revolução” está na máquina-ferramenta que, por meio da automação, possibilita o encadeamento de diversas máquinas em uma mesma unidade e entre fábricas diferentes. É essa cadeia de máquinas que não para de se ramificar que exige a adoção de forças motrizes cada vez mais poderosas. Logo, é a máquina-ferramenta subsumida ao capital que gera a demanda por novas formas de energia como, por exemplo, o carvão, o petróleo e a eletricidade e não o contrário. Marx é categórico quanto a isso:

“A própria máquina a vapor, tal como foi inventada no fim do século XVII, no período da manufatura, e tal como continuou a existir até o começo dos anos 1780, não provocou nenhuma revolução industrial. O que se deu foi o contrário: a criação das máquinas-ferramentas é que tornou necessária a máquina a vapor revolucionada.(...) Tão logo o homem, em vez de atuar com a ferramenta sobre o objeto de trabalho, passa a exercer apenas o papel de força motriz sobre uma máquina-ferramenta, o fato de a força de trabalho se revestir de músculos humanos torna-se acidental, e o vento, a água, o vapor etc. podem assumir seu lugar.”(Marx, 2013, p. 449)

E um pouco mais à frente:

“Somente depois que as ferramentas se transformaram de ferramentas do

¹⁰ “Como maquinaria, o meio de trabalho adquire um modo de existência material que condiciona a substituição da força humana por forças naturais e da rotina baseada na experiência pela aplicação consciente da ciência natural.” (Marx, 2013, p. 459). Em outra passagem isso fica ainda mais claro: “Na manufatura, os trabalhadores, individualmente ou em grupos, têm de executar cada processo parcial específico com sua ferramenta manual. Se o trabalhador é adaptado ao processo, este último também foi previamente adaptado ao trabalhador. Esse princípio subjetivo da divisão deixa de existir na produção mecanizada. O processo total é aqui considerado objetivamente, por si mesmo, e analisado em suas fases constitutivas, e o problema de executar cada processo parcial e de combinar os diversos processos parciais é solucionado mediante a aplicação técnica da mecânica, da química etc., com o que, naturalmente, a concepção teórica precisa, também nesse caso, ser aperfeiçoada em larga escala pela experiência prática acumulada.” (2013, p. 454).



organismo humano em ferramentas de um aparelho mecânico, isto é, em máquina-ferramenta, também a máquina motriz adquiriu uma forma autônoma, totalmente emancipada dos limites da força humana. Com isso, a máquina-ferramenta individual, que examinamos até aqui, é reduzida a um simples elemento da produção mecanizada.” (Marx, 2013, p. 442)

A rigor, portanto, não se deve falar em fábrica, mas em *sistemas fabris* que, em conexão com novas formas de transporte de comunicação, demandam um aporte energético cada vez mais vasto. A divisão técnica do trabalho se eleva dentro das unidades (basta lembrar do assombro de Adam Smith com a fábrica de alfinetes) em conjunto com a divisão social do trabalho que articula *fábricas diferentes*, viabilizando desse modo a reprodução sistemática do capital (cf. Marx, 2013, p.457-9).

O ponto decisivo é que a máquina-ferramenta incorpora em seu interior um saber prático que estava incrustado no trabalhador e que, enquanto prática performada pelo homem com o auxílio de ferramentas, limitava a aceleração da produção. Marx destacou isso com precisão:

“Ora, se examinamos mais detalhadamente a máquina-ferramenta, ou máquina de trabalho propriamente dita, nela reencontramos, no fim das contas, ainda que frequentemente sob forma muito modificada, os aparelhos e ferramentas usados pelo artesão e pelo trabalhador da manufatura, porém não como ferramentas do homem, mas ferramentas de um mecanismo ou mecânicas. Ou a máquina inteira é uma edição mecânica mais ou menos modificada do antigo instrumento artesanal, como no tear mecânico, ou os órgãos ativos anexados à armação da máquina de trabalho são velhos conhecidos, como os fusos na máquina de fiar, as agulhas no tear para a confecção de meias, as serras na máquina de serrar, as lâminas na máquina de picar etc.(...) A máquina-ferramenta é, assim, um mecanismo que, após receber a transmissão do movimento correspondente, executa com suas ferramentas as mesmas operações que antes o trabalhador executava com ferramentas semelhantes. Se a força motriz provém do homem ou de uma máquina, portanto, é algo que não altera em nada a essência da coisa. A partir do momento em que a ferramenta propriamente dita é transferida do homem para um mecanismo, surge uma máquina no lugar de uma mera ferramenta.

A diferença salta logo à vista, ainda que o homem permaneça como o primeiro motor.” (Marx, 2013, p. 447).

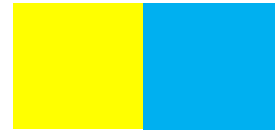
Em linha com essa passagem, Matteo Pasquinelli destaca que o maquinário emerge como uma *materialização do trabalho coletivo*, das formas conscientes e inconscientes de cooperação.¹¹ Logo, boa parte das assim chamadas “inovações tecnológicas” derivam da *captura* e da transposição dos diagramas abstratos da práxis humana e seus comportamentos coletivos para *sistemas máqunicos* subordinados à valorização do capital (Pasquinelli, 2023, p. 55 e segs.). Dito de outro modo: a máquina surge geralmente *depois* que uma coordenação peculiar de saberes, ferramentas e meios de produção é utilizada com sucesso. O “inventor” captura os movimentos dos trabalhadores e suas ferramentas e o traduz para um meio mecânico ou eletrônico.¹²

A introdução da máquina-ferramenta serve, portanto, tanto para dinamizar quanto para *controlar* e medir os processos de produção, dado que ela é uma instanciação da divisão social do trabalho e, simultaneamente, um aparato que disciplina e vigia o trabalhador, regulando desse modo a extração do excedente. Logo, a mecanização da produção envolve também a automação dos processos de vigilância e de cálculo dos custos do trabalho. Isso ficou conhecido como *princípio de Babbage*:

“Charles Babbage provided the first analysis of the capitalist labour process, for which he demonstrated that an increased division of labour has two central advantages (1832). First, a labour process which is fragmented into its

¹¹ “The ‘mechanical monster’ of the industrial factory was summoned first by labour and then accelerated by steam power, not the other way around. Marx was clear: the genesis of technology is an *emergent process* driven by the division of labour. It is from the materiality of collective labour, from conscious and unconscious forms of cooperation, that extended apparatuses of machines emerge”. (2023, p. 175).

¹² Isso se liga a outra questão fundamental, também discutida por Pasquinelli, mas que não será abordada aqui por motivos de espaço. Se a máquina-ferramenta cristaliza e revoluciona saberes coletivos imemoriais, quem a inventa? O engenheiro? O trabalhador? O gestor da fábrica? Ela é fruto da astúcia, da ciência ou do próprio trabalho? (2023, p. 171). Em outro registro, podemos deslocar essa pergunta para a biopirataria discutida por Vandana Shiva (2016 [1999]): quando uma empresa farmacêutica isola um princípio ativo de um elixir produzido por um indígena e registra a patente, de quem é a invenção? Dos pajés? De toda a comunidade? Do cientista-engenheiro? Do CEO ou dos acionistas da empresa?



component parts will lead to a lower wage bill, since the decomposition of the production process allows the restriction of expensive skilled labour to the few tasks where it is actually necessary; thus, the majority of tasks can be simple and repetitive. This process consequently creates jobs for unskilled and cheaper labour. Second, such a decomposition allows greater control over the individual workers, insofar as no one worker or group of workers controls all of the production processes and, moreover, unskilled labour can always be replaced by others in the group more willing to toil” (Hartman, 1986, p. 280).

Como destaca Pasquinelli, no pensamento de Babbage a divisão social do trabalho emerge por dois motivos. O mais evidente é que a decomposição da produção em tarefas modulares que permite uma melhor organização e planejamento. No entanto, como a finalidade dominante é o lucro, essa divisão modular serve também para *medir* o custo de cada tarefa.

“The Babbage principle states that the organisation of a production process into small tasks (the division of labour) allows for the calculation and precise purchase of the quantity of labour that is necessary for each task (the division of value). The division of labour establishes a privileged perspective for the surveillance of labour, but also helps to modulate the extraction of surplus labour from each worker according to need. In more analytical terms, the Babbage principle posits that the abstract diagram of the division of labour helps to organise production while at the same time offering an instrument for measuring the value of labour. In this respect, the division of labour provides not only the design of machinery but also of the business plan.” (Pasquinelli, 108).

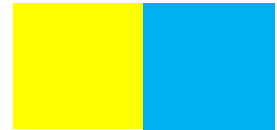
Olhando por esse ângulo a máquina-ferramenta não é apenas um aparato produtivo, mas também um instrumento de medida, controle e organização do trabalho. Além de abrir caminho para uma pilhagem intensa das reservas energéticas do planeta, a “revolução industrial” se mescla ao nascimento de um novo regime disciplinar, no qual o tempo abstrato do relógio passou a ocupar um papel central.

A máquina a vapor, motores e transformações ontológicas: termodinâmica e entropia

Se observada de forma isolada, a máquina-ferramenta discutida na seção anterior poderia ser tomada como um exemplo conspícuo do mecanicismo que dominou a “revolução científica” deflagrada no século XVII. Afinal, ela forma um conjunto articulado, em que cada peça desempenha uma função específica e sincronizada com as demais. A energia que ela recebe é convertida em movimento e transmitida por meios mecânicos – cabos, correntes, polias, bielas, pistões etc. – para viabilizar o seu funcionamento. O paradoxo é que a sua generalização ajudou a precipitar a crise do mecanicismo como forma dominante no pensamento científico. Até o final do século XVIII a energia que animava as engenhocas mecânicas nunca despertou muita atenção. O relógio mecânico portátil não funciona sozinho. Alguém precisa dar corda. O vento parecia ser suficiente para a navegação, assim como a correnteza dos rios produziam a energia necessária para mover os moinhos. Assim, havia pouca razão para duvidar da lei da conservação da energia e do princípio da simetria temporal. Reverter o movimento do relógio não violaria nenhuma lei da mecânica: tudo funcionaria exatamente do mesmo jeito, porém em sentido contrário. No entanto, isso começa a mudar quando as máquinas passaram a absorver as ferramentas e os saberes coletivos dos artesãos, formando complexos sistemas fabris subordinados à acumulação incessante de capitais. Desde então a demanda por energia não parou de aumentar. Começou a ficar claro para quem trabalhava com dispositivos de conversão de energia térmica em cinética que boa parte dela se perdia definitivamente. O princípio da entropia começava a ganhar forma em um mundo que, curiosamente, consolidava o mito do progresso derivado da máquina!

Antes de prosseguir, é necessário destacar que entre os séculos XVII e XVIII o mecanicismo era muito mais do que um princípio metodológico:

“Mechanism was as much a methodology as a set of ontological statements. It



was postulated that the best method of scientific enquiry was to disaggregate the phenomena under scrutiny into individual parts or sequences of events that could be reliably distinguished, measured, and compared using the experimental apparatus of the day. These batches of knowledge could then be related to each other to detect regularities, formulate causal links, and extract a calculable coherence of forces expressed by way of geometrical representations and algebraic functions. The practice of breaking down any problem into component parts which could more effectively tackled individually before being reassembled is also common to that of modern division of labour in which production is broken down into optimal stages in which individuals specialize, granting greater efficiency to the overall process.” (Bousquet, 2009, p. 42).

O relógio rapidamente se tornou a principal metáfora do mecanicismo. Em conjunto com a máquina ele possibilitou controlar e medir o processo de trabalho, crescentemente entendido como um processo modular e sincronizado. Até a imagem de Deus mudou: passou a ser visto como um grande relojoeiro, que criou a natureza com perfeição matemática e geométrica, tal como o movimento regular e previsível dos astros supostamente revelava. Além disso, o relógio permitiu dissociar o tempo dos eventos humanos, “ajudando a criar a crença em um mundo independente baseado em sequências matematicamente mensuráveis: o mundo especial da ciência” (Mumford, 1967, p. 15). A possibilidade de segmentar e manipular o tempo – um tempo abstrato, desencravado do homem e da natureza – mudou radicalmente o modo como o mundo era concebido até então.

O fato é que, como já foi apontado, a generalização da máquina a vapor e dos motores a combustão interna ajudaram a abalar os fundamentos da tradição mecanicista. Ilya Prigogine e Isabelle Stengers ilustram essa transformação em duas passagens lapidares:

“A mechanical engine gives back in the form of work the potential energy it has received from the outside world. Both cause and effect are of the same nature and, at least ideally, equivalent. In contrast, the heat engine implies

material changes of states, including the transformation of the system's mechanical properties, dilatation, and expansion. The mechanical work produced must be seen as the result of a true process of transformation and not only as a transmission of movement.” (1984, p. 106).

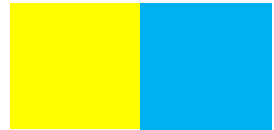
E, um pouco mais a frente:

“When we compare mechanical devices to thermal engines, for example, to the red-hot boilers of locomotives, we can see at a glance the gap between the classical age and nineteenth century technology. Still, physicists first thought that this gap could be ignored, that thermal engines could be described like mechanical ones, neglecting the crucial fact that fuel used by the steam engine disappears forever. But such complacency soon became impossible. For classical mechanics the symbol of nature was the clock; for the Industrial Age, it became a reservoir of energy that is always threatened with exhaustion. The world is burning like a furnace; energy, although being conserved, also is being dissipated” (1984, p. 111)

O fogo liberta energia consumindo a natureza: esse foi o preço da força motriz que colocou em marcha os sistemas fabris e as ferrovias que, no século XIX, eram propagandeados como a base do “progresso”.

A preponderância da mecânica passou a ser desafiada pela termodinâmica, ciência que nasceu dos problemas práticos inerentes ao uso do calor como fonte de energia:

“With thermodynamics and the engine, science gained an understanding of the energy that drove the previously studied mechanisms of motion. As the study of heat derived from the engineering prowess that produced the steam engine, nineteenth-century thermodynamics revolutionized the scientific worldview through the discovery of both the convertibility of all forms of energy and its inevitable dissipation into randomness through entropy. No longer appearing reversible but acquiring direction, time was said to have found its arrow, one leading to the inevitable heat death of the universe in an inexorable progression from order to chaos” (Bousquet, 2009, p. 31).



A ideia de entropia complicou bastante o quadro social, contra-arrestando a noção de progresso encarnada na sociedade industrial. Ela ajudou também a precipitar uma transformação decisiva no modo como se entendia a aleatoriedade. No modelo determinista clássico a imprevisibilidade era concebida como uma limitação do *observador*: mesmo com o auxílio de instrumentos, não somos capazes de conhecer simultaneamente a posição, direção e aceleração de todas as partículas em um estado particular do universo.¹³ No mundo regido pela entropia e por fenômenos irreversíveis, a aleatoriedade é considerada uma *propriedade* do mundo. Deste ponto de vista, o futuro nunca é integralmente determinado pelo presente.

Ian Hacking (2002) salientou que algumas transformações nas formas de gestão da sociedade também apontavam nesta direção.¹⁴ Já no século XVIII, com a urbanização e a consolidação do sistema interestatal moderno, os Estados começaram a coletar e a publicar dados estatísticos sobre a sociedade para calibrar a política fiscal, desenhar políticas públicas (com peso crescente na saúde pública e na criminologia),

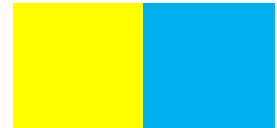
¹³ O “demônio de Laplace” ilustra essa ideia: “We ought then to regard the present state of the universe as the effect of its anterior state and as the cause of the one which is to follow. Given for one instant an intelligence which could comprehend all the forces by which nature is animated and the respective situation of the beings who compose it—an intelligence sufficiently vast to submit these data to analysis—it would embrace in the same formula the movements of the greatest bodies of the universe and those of the lightest atom; for it, nothing would be uncertain and the future, as the past, would be present to its eyes.” (Laplace, 1990, p. 326). Por não possuir nenhuma limitação de memória e de tempo, essa inteligência hipotética – um dispositivo de computação infinita – é mais veloz que a marcha da realidade e, portanto, para ela, nada é imprevisível. Quem crê que o mundo é determinista no sentido clássico usa modelos de estatística frequentista, tendo em mente que, dadas as limitações dos dados capazes de serem avaliados, o máximo que se pode obter são *aproximações* de um fenômeno “real” (Albert, 2003, pp. 2 e ss.).

¹⁴ Embora Hacking centre o seu argumento na gestão burocrática da sociedade e no indeterminismo proveniente da física, ele reconhece o peso da industrialização na erosão do determinismo: “The avalanche of numbers, the erosion of determinism, and the invention of normalcy are embedded in the grander topics of the Industrial Revolution. The acquisition of numbers by the populace, and the professional lust for precision in measurement, were driven by familiar themes of manufacture, mining, trade, health, railways, war, empire. Similarly, the idea of a norm became codified in these domains. Just as the railways demanded timekeeping and the mass-produced pocket watch, they also mandated standards, not only of obvious things such as the gauge of the lines but also of the height of the buffers of successive cars in a train. It is a mere decision, in this book, to focus on the more narrow aspects that I have mentioned, a decision that is willful but not arbitrary. My project is philosophical: to grasp the conditions that made possible our present organization of concepts in two domains. One is that of physical indeterminism; the other is that of statistical information developed for purposes of social control.” (Hacking, 2002, p. 5).

racionalizar a burocracia estatal e dimensionar as forças armadas. Em suma: sem dados e sistemas eficazes de mensuração, classificação e tratamento estatístico da população não há biopolítica. Entre 1820 e 1840 começaram a surgir instituições especializadas na coleta e na publicação de “uma avalanche de números impressos”. O fato curioso é que a maior disponibilidade das métricas sociais para os cientistas e, também, para o escrutínio dos cidadãos no debate público, alimentou os questionamentos sobre o determinismo (Hacking, 2002, p. 3). A ideia iluminista de natureza humana começou a perder a sua posição central, sendo lentamente substituída pelo princípio da normalidade e da dispersão. O tema era politicamente quente, especialmente no século XIX. A tradição ilustrada por Durkheim contrastava o normal — que seria o desejável — com o patológico, um desvio da norma, tendendo para os extremos.¹⁵ Já para a tradição inspirada em Francis Galton, o normal é pensado como sinônimo de mediano e, portanto, passível de aprimoramento (Hacking, 2002, p. 160 e ss.) Em ambos os casos, contudo, o determinismo clássico é erodido, pois a aleatoriedade deixa de ser vista como falta de informação - ou um déficit cognitivo - e passa a ser vista como um elemento constitutivo da dinâmica da realidade. O mundo pode apresentar regularidades e padrões sem que existam *leis universais*.

Ian Hacking nota o paradoxo da situação: quanto maior o papel atribuído à aleatoriedade, mais premente e pervasiva se torna a demanda pelo *controle* sobre a natureza e a sociedade. De um ponto de vista determinista clássico, a rigor, a questão do controle não se coloca, pois os esforços são direcionados para tentar descobrir as leis universais para que possamos nos adaptar a elas. No entanto, com a erosão do

¹⁵ Como foi apontado na discussão sobre a passagem da câmara escura para a fotografia, as exigências de coordenação entre os olhos e as mãos ligadas à produção acelerada pela máquina durante a revolução industrial demandaram um estudo detalhado sobre a acuidade da visão humana. Estes estudos acabaram por definir estatisticamente a ideia de um *olho normal*, fato que pressupõe o *desvio* da norma: “Um resultado da nova óptica fisiológica foi expor as idiossincrasias do olho “normal”. As pós-imagens retinianas, a visão periférica e binocular e os limiares da atenção foram estudados, tendo em vista determinar normas e parâmetros quantificáveis. A preocupação generalizada com os defeitos da visão humana definiu mais precisamente um contorno do normal e gerou novas tecnologias para impor uma visão normativa ao observador.” (Crary, 2012, p. 25)



determinismo, a questão crucial é como *domar a aleatoriedade*, e isso só pode ser feito por meio do cálculo de probabilidades. A noção de lei muda, pois ela deixa de ser férrea e se torna *estatística*:

“In the early years of the [Nineteenth] century, it was assumed that statistical laws were reducible to underlying deterministic events, but the apparent prevalence of such laws slowly and erratically undermined determinism. Statistical laws came to be regarded as laws in their own right, and their sway was extended to natural phenomena. A new kind of 'objective knowledge' came into being, the product of new technologies for gaining information about natural and social processes. There emerged new criteria for what counted as evidence for knowledge of this kind. The statistical laws that could thus be justified were used not only for description but also for explaining and understanding the course of events. Chance became tamed, in the sense that it became the very stuff of the fundamental processes of nature and of society.” (2002, p. xiii).

Essa transformação é bastante significativa. A aleatoriedade deixa de ser vista como superstição ou falta de conhecimento sobre as leis universais e passa a ser também considerada uma *evidência*, uma forma de *explicação causal* sobre os fenômenos.

Essa mudança de estatuto pode ser qualificada como uma *autonomização* das leis estatísticas:

“What then is autonomy? It can be usefully illustrated by one of the signs of a difference between prediction and explanation. Statistical laws became autonomous when they could be used not only for the prediction of phenomena but also for their explanation.” (Hacking, 2002, p. 182).

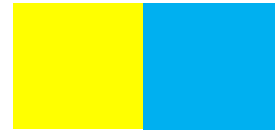
Do ponto de vista do mecanicismo, probabilidades e estatísticas não provam e não explicam nada. Elas são vistas como uma técnica para se lidar com fenômenos deterministas quando as suas causas mais profundas não são conhecidas, ou quando

os dados são insuficientes. Logo, sua única função é preditiva. Se assumirmos que o determinismo não é absoluto, as leis estatísticas servem tanto para prever possibilidades quanto para *explicar* o fenômeno em pauta. O aspecto decisivo é que a autonomização das leis estatísticas favoreceu a articulação entre as técnicas de controle social e a análise preditiva.

Por meio da quantificação e da classificação da população e dos fenômenos aleatórios da natureza é possível ter uma noção da amplitude e do grau de incerteza em cada classe de fenômenos e, com isso, criar formas de controle sobre o homem e o seu meio que tentem circunscrever e limitar as variações possíveis. Contudo, essa tentativa de domar a contingência esbarrava sempre na limitação das comunicações e na baixa capacidade de coleta e processamento de informações. Esse cenário começa a mudar significativamente apenas depois da Segunda Guerra Mundial, com o surgimento da cibernética que explicitou a conexão entre controle, comunicação e recursividade. Entretanto, isso se deu em meio a mais uma transformação ontológica: a informação começou a ser pensada como uma espécie de fluido imaterial que pode se propagar entre substratos diferentes – matéria, homens, máquinas e animais – sem nenhuma perda ou variação significativa (Hayles, 1999). Se a termodinâmica e a entropia já haviam posto em xeque o protagonismo da matéria, a cibernética e a revolução informacional que lhe seguiu radicalizaram ainda mais essa *démarche*: desmaterializaram os objetos e os processos, na medida em que seus suportes se tornaram efêmeros e seriais.

Considerações Finais

O argumento central defendido neste artigo é que os objetos técnicos expressam os pressupostos ontológicos, as práticas sociais e os saberes coletivos predominantes no momento da sua construção. Porém, uma vez criados, eles carregam a possibilidade de *transformar* o mundo, tanto por possibilitar novas práticas quanto por permitir um novo entendimento de como ele funciona. O



exemplo privilegiado aqui foi a introdução da máquina a vapor como força motriz dos sistemas produtivos baseados na máquina-ferramenta. Essa combinação transformou radicalmente o regime de trabalho, o cotidiano dos trabalhadores e as formas de sociabilidade. Ao mesmo tempo, os problemas práticos ligados ao uso do calor para gerar movimento levantou questões teóricas que possibilitaram questionar os fundamentos da mecânica clássica. O mundo muda, portanto, nos dois sentidos. As ferrovias e a produção serial comandada pela máquina-ferramenta mudam a relação entre o campo e a cidade, possibilitando transformações na geografia econômica, transformando a guerra e até mesmo as subjetividades. Ao mesmo tempo, o entendimento sobre o mundo também se transforma: a sociedade industrial possibilita a passagem de um metafísica materialista e determinista, centrada no princípio da simetria temporal para a ideia de um universo contingente, no qual a convertibilidade de todas as formas de energia é concomitante à sua dissipação inevitável sob a forma de entropia. A ideia de que o mundo caminha para uma morte térmica entrou em conflito com o conceito de progresso associado à sociedade industrial. Essa transformação influenciou a maneira como se compreendia a aleatoriedade e o controle na sociedade. Enquanto o determinismo clássico via a aleatoriedade como falta de informação, a termodinâmica a considerava uma propriedade intrínseca da realidade. Isso levou ao desenvolvimento de técnicas estatísticas para lidar com a incerteza, culminando na autonomização das leis estatísticas e na utilização de técnicas de análise preditiva para tentar controlar os fenômenos sociais e naturais.

Referências Bibliográficas

ALBERT, David Z. **Time and chance**. Cambridge: Harvard U. Press, 2003.

BOUSQUET, Antoine. **The Eye of War**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2018.

_____. **The Scientific Way of Warfare**. Nova York: Columbia U. Press, 2009.

CRARY, Jonathan. **Técnicas do Observador**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

- DeLANDA, Manuel. **Assemblage theory**. Edinburgh: Edinburgh U. Press, 2016.
- DELEUZE, Gilles. **Foucault**. São Paulo: Brasiliense, 2005
- DOBB, Maurice. **Studies in the Development of Capitalism**. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1946
- HACKING, Ian. **The Taming of Chance**. Cambridge: Cambridge U. Press, 2002
- HARTMAN, John T. "The "Babbage Principle" on an International Scale". *Labour, Capital and Society*. Vol. 19, No. 2, 1986.
- HAYLES, Nancy K. **How We Became Posthumans**. Chicago: University of Chicago Press, 1999.
- LAPLACE, P. S. "Probability." In: HUTCHINS, R. & ADLER, M. J. (orgs.). **Gateway to the Great Books: mathematics**. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1990.
- MARX, Karl. **O Capital: crítica da economia política**. Vol. I. São Paulo: Boitempo, 2013.
- MUNFORD, Lewis. **Technics and Civilization**. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1967.
- PASQUINELLI, Matteo. **The Eye of the Master**. Londres: Verso, 2023.
- PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle. **Order out of Chaos**. Nova York: Bantam Books, 1984
- SAUVAGNARGUES, Anne. **Artmachines: Deleuze, Guattari, Simondon**. Edinburgh: Edinburgh U. Press, 2016.
- SHIVA, Vandana. **Biopiracy: the plunder of nature and knowledge**. Berkeley: North Atlantic Books, 2016
- SIMONDON, Gilbert. **On the Mode of Existence of Technical Objects**. Minneapolis: Univocal, 2012.
- VIRILIO, Paul. **The vision Machine**. Indianapolis: Indiana U. Press, 1994.
- WIENER, Norbert. **The Human use of Human Beings**. Londres: Free Association Books, 1989.