

dos sistemas vivos nos ocuparemos das relações que os componentes físicos reais devem satisfazer para construir um destes sistemas, não de identificar estes componentes físicos. Nossa hipótese é que existe uma organização comum a todos os sistemas vivos, qualquer que seja a natureza de seus componentes. Já que nosso tema é a organização, e não as diferentes formas em que pode fazer-se efetiva, não faremos distinção entre tipos de sistemas viventes.

Esta maneira de pensar não é nova, e se relaciona explicitamente com o próprio nome de mecanismo. Nós sustentamos que os sistemas vivos são máquinas; ao fazê-lo, estamos apontando a várias noções que deveriam ficar claras. Primeiro, consideramos um critério não-animista que deveria ser desnecessário comentar mais. Segundo, estamos sublinhando que um sistema vivo é definido por sua organização, e, portanto, que é possível explicá-lo como se explica qualquer organização, quer dizer, em termos de relações, não de propriedades dos componentes. Por último, assinalamos o dinamismo visível nos sistemas vivos conotado pela palavra "máquina".

Estamos, então, formulando uma pergunta fundamental: qual é a organização dos sistemas vivos, que classe de máquinas são elas e como sua fenomenologia, incluindo a reprodução e evolução, fica determinada por sua organização?

MATURANA, R.; VARELA, F.J. De máquinas e seres vivos: autopoiese, a organização do vivo, (caps 1a4)

CAPÍTULO I

DE MÁQUINAS VIVENTES E DAS OUTRAS

1. MÁQUINAS

As máquinas são consideradas comumente como sistemas materiais definidos pela natureza de seus componentes e pelo objetivo que cumprem em seu operar como artefatos de fabricação humana. No entanto, esta maneira de vê-las é obviamente ingênua, já que nada diz sobre como estão constituídas. Que as máquinas são unidades, é evidente; também o é que estejam formadas de componentes caracterizados por determinadas *propriedades* capazes de satisfazer determinadas *relações* que determinam na unidade as interações e transformações desses mesmos componentes. Não é tão evidente, no entanto, o fato de que a natureza concreta dos componentes não tem importância, e que as propriedades particulares que eles possuem, fora das que intervêm nas transformações e interações dentro do sistema, podem ser quaisquer umas. As propriedades significativas dos componentes são consideradas como tais referidas às relações, como rede de interações e transformações, em que podem entrar os componentes ao funcionar a máquina que eles integram.

As relações que estabelecem, no espaço em que estão definidos, e a dinâmica de interações e transformações dos componentes e, com isto, os possíveis estados da máquina como unidade, constituem sua organização. Mesmo que estas relações não sejam arbitrárias - já que suas possibilidades ficam determinadas pelas propriedades dos componentes -, a máquina enquanto sistema bem pode ser, porque é possível escolher inúmeros componentes diferentes que satisfaçam o conjunto de relações que definem a organização de uma determinada máquina. Portanto, uma máquina - qualquer máquina - é um sistema que pode materializar-se mediante muitas estruturas diferentes e cuja organização definitiva não depende das propriedades dos componentes. Pelo contrário, para dar conta de uma máquina específica concreta, é

necessário levar em consideração as propriedades dos componentes reais que, em suas interações, permitem-nos intuir as relações definitórias da organização da máquina.

O uso que o homem dá à máquina não é um aspecto da organização dela, mas o domínio ou em que ele opera, e entra em nossa descrição da máquina dentro de um contexto mais amplo que a máquina em si. Este é um conceito importante. Todas as máquinas que o homem fabrica, tem algum objetivo, prático ou não - ainda que seja somente o de entreter - que ele especifica. Esse objetivo se manifesta em geral, porém não necessariamente, no que a máquina produz. No entanto, ao nos referirmos a máquinas empregamos a noção de objetivo porque ela põe em jogo a imaginação do leitor e facilita a tarefa explicativa para dar-lhe a conhecer a organização de uma máquina determinada. Nós o induzimos a inventar a máquina da qual estamos falando. Isto não deve, no entanto, fazer-nos acreditar que objetivo, finalidade ou função são propriedades da máquina. Não porque pertença ao domínio do observador; pode o objetivo ser usado para caracterizar um tipo determinado de organização mecânica. No entanto, o produto das operações de uma máquina pode utilizar-se com tal finalidade, de uma maneira não trivial, no domínio descritivo do observador.

2. MÁQUINAS VIVENTES

O fato de que os sistemas vivos são máquinas não pode demonstrar-se apelando-se a seus componentes. Deve-se mostrar sua organização mecanicista de maneira tal que seja óbvio o modo como todas suas propriedades surgem dela. Para fazer isto, descreveremos primeiro a classe de máquinas que são os sistemas vivos, e em seguida indicaremos como as propriedades peculiares que as caracterizam podem surgir como consequência da organização desta classe de máquinas.

a) Máquinas autopoieticas

Entre as máquinas, existem aquelas que mantêm algumas de suas variáveis constantes ou dentro de um intervalo limitado de valores. Na organização dessas máquinas, isto deve expressar-se de tal modo que o processo se defina como verificado integralmente dentro dos limites que a

própria organização da máquina específica. Tais máquinas são homeostáticas, e toda retroalimentação é interior a elas. Se a pessoa diz que existe uma máquina M com retroalimentação através do meio que a rodeia, tal que os efeitos de sua saída afetam sua entrada, na realidade está falando de uma máquina maior M', que em sua organização definitiva inclui o meio circundante e o circuito de retroalimentação.

As máquinas autopoieticas são máquinas homeostáticas. Porém, sua peculiaridade não reside nisto, e sim na variável fundamental que mantém constante. *Uma máquina autopoietica é uma máquina organizada como um sistema de processos de produção de componentes concatenados de tal maneira que produzem componentes que: I) geram os processos (relações) de produção que os produzem através de suas contínuas interações e transformações, e II) constituem à máquina como uma unidade no espaço físico.* Por conseguinte, uma máquina autopoietica continuamente especifica e produz sua própria organização através da produção de seus componentes, sob condições de contínua perturbação e compensação dessas perturbações (produção de componentes). Podemos dizer, então, que uma máquina autopoietica é um sistema auto-homeostático que tem a sua própria organização como a variável que mantém constante. Isto deve ser entendido claramente. Toda unidade tem uma organização especificável em termos de relações estáticas ou dinâmicas, relações entre elementos ou relações entre processos, ou ambos. Entre estes casos possíveis, as máquinas autopoieticas são unidades, cuja organização fica definida por uma concatenação particular de processos (relações) de produção de componentes, a concatenação autopoietica, e não pelos componentes mesmos ou suas relações estáticas. Já que as relações de produção de componentes existem somente como processos, caso se detenham, as relações de produção desaparecem; em consequência, para que uma máquina seja autopoietica é necessário que as relações de produção que a definem sejam continuamente regeradas pelos componentes que produzem. Mais ainda, para que estes processos constituam uma máquina, devem concatenar-se para constituir uma unidade, e isto é possível somente na medida que os componentes que elas produzem se concatenam e especificam uma unidade no espaço físico. A concatenação autopoietica de processos numa unidade física, então, diferencia as máquinas autopoieticas de todo outro tipo de unidade. Em efeito: I) em uma máquina feita pelo homem, como um automóvel, há uma organização determinada em termos de processos. No entanto, estes não são processos de produção

de componentes que especifiquem o automóvel como uma unidade, já que aqueles são produzidos por outros processos que não participam na definição da organização do automóvel. Máquinas deste tipo são sistemas dinâmicos não autopoieticos. II) Numa unidade natural como um cristal, as relações espaciais entre os componentes especificam uma organização reticular que o define como membro de uma classe (um cristal de uma espécie particular), já que os tipos de componentes que o constituem o especificam como um caso particular nessa classe. Logo, num cristal a organização fica especificada pelas relações espaciais que definem as posições relativas dos componentes, enquanto que os mesmos componentes especificam o caráter unitário do cristal. Não acontece assim com as máquinas autopoieticas. De fato, ainda que encontramos relações espaciais entre seus componentes cada vez que as fixamos, real ou conceitualmente, para sua observação, as relações espaciais observadas não a definem nem poderiam defini-la como autopoietica. Isto se deve ao fato das relações espaciais entre os componentes de uma máquina autopoietica ficarem especificados pela rede de relações de produção que constituem sua organização e estão, por conseguinte, numa troca contínua. A organização de um cristal, portanto, encontra-se num domínio diferente ao da organização autopoietica: um domínio de relações entre componentes, e não de relações de produção de componentes, um domínio de processos, não de concatenação de processos. Em geral, reconhecemos isto ao dizer que os cristais são estáticos.

É importante compreender que ao definir uma máquina autopoietica não estamos utilizando a noção de organização num sentido místico ou transcendental, pretendendo que possua um valor explicativo por si. Estamos-na utilizando para referir-nos às relações específicas que definem um sistema autopoietico. A organização autopoietica significa simplesmente processos concatenados de uma maneira específica tal que os processos concatenados produzem os componentes que constituem o sistema e especificam como uma unidade. É por esta razão que podemos dizer que, cada vez que tal organização se concretiza num sistema real, o domínio de deformações que este sistema pode compensar sem perder sua identidade ocorre em um domínio de trocas no qual o sistema, enquanto existe, mantém constante sua organização. É adequado condensar esta descrição dizendo que os sistemas autopoieticos são sistemas homeostáticos que possuem sua própria organização como a variável que é mantida constante.

As conseqüências desta organização são importantíssimas:

- i) As máquinas autopoieticas são autônomas; quer dizer, subordinam todas as suas mudanças à conservação de sua própria organização, independentemente de quão profundas sejam as outras transformações que possam sofrer durante o processo. Outras máquinas, denominadas aqui em diante alopoieticas, produzem com seu funcionamento algo diferente delas mesmas - como no caso do automóvel. Estas máquinas não são autônomas, já que as mudanças que experimentam estão necessariamente subordinadas à produção de um produto diferente delas.
- ii) As máquinas autopoieticas possuem individualidade; isto é, por meio da manutenção invariável de sua organização conservam ativamente uma identidade que não depende de suas interações com um observador. As máquinas alopoieticas possuem uma identidade que depende do observador e que não é determinada em seu operar porque o produto deste é diferente de sua organização.
- iii) As máquinas autopoieticas são definidas como unidade por, e apenas por, sua organização autopoietica: suas operações estabelecem seus próprios limites no processo de *autopoiese*. Não ocorre assim com as máquinas alopoieticas, cujos limites são fixados pelo observador, que, especificando as superfícies de entrada e de saída, determina o que é pertinente a seu funcionamento.
- iv) As máquinas autopoieticas não possuem entradas nem saídas. Podem ser perturbadas por fatos externos, e experimentar mudanças internas que compensam essas perturbações. Se estas se repetem, a máquina pode passar por séries reiteradas de trocas internas, que podem ser ou não as mesmas. No entanto, qualquer série de trocas internas que se produzam está sempre subordinada à conservação da organização da máquina, sendo esta condição definitiva das máquinas autopoieticas. Assim, toda relação entre tais trocas e a série de perturbações que possamos assinalar pertence ao domínio em que é observada a máquina, e não à sua organização. Portanto, ainda que uma máquina autopoietica possa ser tratada como máquina alopoietica, isto não revela sua organização como máquina autopoietica.

Uma organização pode permanecer constante sendo estática, ou mantendo constantes seus componentes, ou também mantendo constante as relações entre componentes que por outra parte estão em contínuo fluxo ou mudança. As máquinas autopoieticas são organizações desta última classe. Elas mantêm constantes as relações que as definem como tal. A forma real em que uma organização pode assim estabelecer-se efetivamente varia segundo a natureza (as propriedades) dos elementos físicos que a materializam. Portanto, podem existir muitas classes diferentes de máquinas autopoieticas; no entanto, todas elas serão tais que qualquer interferência física com seu funcionamento fora de seu campo de compensações dará por resultado sua desintegração: a perda de sua *autopoiese*.

Além disso, a forma real na qual se materializa a organização autopoietica destas máquinas determina o tipo de alterações que podem sofrer sem desintegrar-se e, por consequência, o domínio de interações em que é possível observá-las. Estes aspectos da materialização das máquinas autopoieticas tornadas concretas em sistemas físicos nos permitem referir-nos a casos particulares delas, situando-as em nosso campo de manipulação e descrição, e, por conseguinte, observá-las no contexto de um domínio de interações exterior a sua organização. Isto traz duas classes de consequências fundamentais:

- i) Podemos descrever as máquinas autopoieticas, e também manejá-las, como partes de um sistema mais amplo que determina os fatos exteriores que podem perturbá-las. Assim, segundo já dissemos, podemos considerar esses fatos perturbadores como entradas, e considerar como saídas as trocas da máquina destinadas a neutralizar tais perturbações. Isto equivale a tratar como alopoiética uma máquina autopoietica. Em efeito, se os fatos exteriores que a perturbam são de uma determinada regularidade, uma máquina autopoietica pode incorporar-se a um sistema mais amplo em qualidade de componente alopoiético, sem que sua organização autopoietica varie de modo algum.
- ii) Podemos analisar uma máquina autopoietica em suas partes materiais e tratar como máquinas alopoiéticas qualquer de seus mecanismos parciais homeostáticos e reguladores, definindo suas superfícies de entrada e de saída; isto é possível com independência da organização autopoietica do sistema porque podemos defi-

nir um contexto diferente para nossa observação. Estas submáquinas, portanto, não são necessariamente componentes da máquina autopoietica que integram, porque estes componentes ficam definidos por relações que eles satisfazem ao determinar a organização da máquina autopoietica.

O fato de podermos dividir as máquinas autopoieticas em partes não identifica a natureza do campo de interações determinadas por elas em sua qualidade de entidades concretas operantes no universo físico.

b) Sistemas vivos

É trivialmente óbvio que, se são máquinas, os sistemas vivos são máquinas autopoieticas: transformam a matéria neles mesmos, de maneira tal que seu produto é sua própria organização. Consideramos também verdadeira a afirmação inversa: se um sistema é autopoietico, é vivo. Em outras palavras, sustentamos que *a noção de autopoiese é necessária e suficiente para caracterizar a organização dos sistemas vivos*. Esta equivalência pode não parecer óbvia por razões que não pertencem ao domínio da organização das máquinas autopoieticas, mas que são do domínio da descrição e avaliação por parte do observador e expressam uma rejeição *a priori*. Aqui estão algumas dessas razões:

- i) Em geral, as máquinas são consideradas artefatos feitos pelo homem, com propriedades determinísticas que as fazem perfeitamente predizíveis, ao menos conceitualmente. Os sistemas vivos são considerados autônomos, em última instância imprevisíveis, de comportamento intencional semelhante ao nosso. Se os sistemas vivos fossem máquinas, poderia fabricá-los o homem, e parece incrível que o homem possa fazer um sistema vivo. Opinião fácil de desqualificar porque implica ou que os sistemas vivos não podem entender-se por serem demasiado complexos para nosso pobre intelecto, ou que derivam de princípios ainda desconhecidos, ou, ainda, que os princípios que os geram são definitivamente incognoscíveis - juízos todos *a priori*, sem a devida demonstração. Parece temer-se que a maravilha do vivo e o animado desapareceria se o homem pudesse não somente reproduzir, mas também desenhar um sistema vivo.

ii) Na medida em que se ignora a natureza da organização viva, não é possível reconhecer quando se está diante de um sistema que a exhibe, seja como síntese material, seja como descrição. Não se pode saber qual organização é vivente, a menos que se saiba qual é a organização do vivo. Na prática, se aceita que são vivos as plantas e os animais, porém são caracterizados como tais descrevendo suas propriedades. Entre estas, figuram como determinantes a reprodução e a evolução; à posse de tais propriedades se subordinam a condição de vivente. No entanto, quando tais propriedades aparecem num sistema, concreto ou conceitual, feito pelo homem, outras propriedades são indicadas como importantes, e nenhum sistema sintético é aceito como vivo.

iii) Com muita frequência, se supõe que a observação e a experimentação deveriam revelar a natureza dos sistemas viventes, e não se acredita necessário para caracterizar o organismo vivo qualquer análise teórica. Seria muito demorado expor por que divergimos deste empirismo extremado. Diremos simplesmente que argumentos epistemológicos e históricos justificam suficientemente a opinião contrária: nenhum experimento nem observação são significativos a menos que se façam e interpretem dentro de um contexto teórico explícito.

Nossa tentativa foi apresentar uma caracterização dos sistemas viventes de tal maneira que dela pudesse derivar-se toda sua fenomenologia. Temos tentado fazê-lo indicando a *autopoiese* como condição necessária e suficiente para que um sistema seja vivo. Nem sempre é fácil saber se foi alcançada uma meta determinada. No caso presente, a única indicação possível de sua realização é o reconhecimento do leitor de que toda a fenomenologia dos sistemas viventes, incluídas a reprodução e a evolução, efetivamente precisa da *autopoiese* e depende dela. A isto estão dedicados os capítulos seguintes.

CAPÍTULO II

TELEONOMIA, UM CONCEITO PRESCINDÍVEL

Teologia e teleonomia são noções empregadas na descrição e a explicação dos sistemas vivos, e ainda que se argumente que não participam necessariamente em seu funcionamento como fatores causais, afirma-se que são aspectos indispensáveis para definir sua organização. Propomos-nos agora a demonstrar que, à luz do capítulo precedente, estas noções são desnecessárias para compreender a organização do vivo.

1. AUSÊNCIA DE FINALIDADE

Freqüentemente se assinala como o aspecto mais notório dos sistemas viventes o possuir uma organização orientada a uma finalidade ou, o que é equivalente, dotada de um plano interno refletido e realizado pela sua estrutura. Assim, a ontogenia é considerada geralmente como um processo integral de desenvolvimento para um estado adulto, mediante o qual se alcançam determinadas formas estruturais que permitem ao organismo desempenhar determinadas funções em concordância com o plano inato que o delimita em relação ao meio circundante. Por outro lado, considera-se a filogenia como uma história de transformações adaptativas através de processos reprodutivos, tendente a levar a cabo o plano da espécie com uma total subordinação do indivíduo a esse fim. Mais ainda: há organismos que podem inclusive mostrar-se capazes de especificar por antecipação (como os autores deste livro) algum objetivo, e que coordenam todas suas atividades para consegui-lo (heteropoiesis). Esse elemento de aparente propósito ou possessão de um projeto ou programa, que tem sido denominado teleonomia, sem implicar qualquer conotação vitalista, é considerado freqüentemente um aspecto definitório necessário, se não suficiente, dos sistemas vivos.

No entanto, como vimos no primeiro capítulo, finalidade ou objetivo não são aspectos da organização de qualquer máquina (alo ou