

## 14 Rede de concepção e adoção tecnológica: lições para o praticante da ACT §

**Michel Callon**

*Tradução de Ivan da Costa Marques §§*

*Reprodução livre, em Português Brasileiro, do texto original de Michel Callon para fins de estudo, sem vantagens pecuniárias envolvidas. Todos os direitos preservados.*

*Free reproduction, in Brazilian Portuguese, of Michel Callon's original for study purposes.*

*No pecuniary advantages involved. Copyrights preserved.*

---

### **As hipóteses subjacentes à ACT; definição de objetivos.**

A avaliação construtivista da tecnologia (ACT) pode ser definida como visando alargar o projeto e a implementação de sistemas tecnológicos para estimular a integração de critérios sociais no próprio desenvolvimento tecnológico. Nestes termos, o conceito de ACT se refere tanto a um princípio de democracia quanto a uma interpretação particular do processo de desenvolvimento tecnológico. Nesta interpretação, três hipóteses podem ser distinguidas:

- (1) O desenvolvimento tecnológico resulta de um grande número de decisões feitas por numerosos atores heterogêneos. Estes naturalmente incluem os cientistas e engenheiros envolvidos diretamente, mas cada vez mais envolvem a participação dos usuários, dos mundos dos negócios e das finanças e de todos os níveis de governo. Estes parceiros negociam as opções técnicas e, em alguns casos – depois do que pode ser uma longa série de aproximações sucessivas – atingem acordos mutuamente satisfatórios. A diversidade de centros e critérios de decisão implica em algum grau de plasticidade técnica.
- (2) As opções tecnológicas nunca podem ser reduzidas à sua dimensão estritamente técnica. O projeto e a introdução de um novo veículo, um novo processo de produção de energia, ou um novo eletrodoméstico são indissociáveis de algum grau de reestruturação social e distribuição de papéis [a serem desempenhados]. Portanto, a avaliação das opções tecnológicas é uma questão para debate político.
- (3) As opções tecnológicas trazem situações irreversíveis, resultantes do desaparecimento gradual das margens de escolhas disponíveis para aquele que decide: com o tempo, suas escolhas são inexoravelmente predeterminadas pelas decisões anteriores. Ao contrário de algumas decisões que sempre permanecem passíveis de serem revistas, aquelas que são materializadas em compromissos técnicos, tais como o capital investido na opção de geração [de energia] nuclear, conduzem a desequilíbrios

---

§ “Technological Conception and Adoption Network: Lessons for the CTA Practitioner” in Rip, Arie; Misa, Thomas J.; Schot, Johan (eds) *Managing Technology in Society*, Pinter 1995. p. 307-330.

§§ Ao menos por enquanto, esta tradução é para ser lida junto com o original. Fiz a opção de construir um texto em português bastante colado ao original em inglês como uma tentativa de fidelidade máxima ao autor original, mesmo com o risco de acatar anglicismos estranhos. Agradeço antecipadamente aos alunos que apontem erros ou encaminhem sugestões de melhoramentos para a tradução. [imarques@nce.ufrj.br](mailto:imarques@nce.ufrj.br)

duráveis e ao conseqüente descarte de opções que, com a vantagem da visão retrospectiva, poderiam ter sido pensadas como preferíveis a aquelas que foram efetivamente tomadas.

A implementação de uma avaliação construtivista da tecnologia, ou ACT, deve, portanto levar em conta as respostas das seguintes questões: (a) Como nós podemos assegurar que todos os atores envolvidos, especialmente os não-especialistas e os mais sem recursos, sejam apropriadamente ouvidos durante a discussão das opções técnicas e no momento da tomada de decisões? (b) Como podem várias opções tecnológicas alternativas ser mantidas abertas o tempo todo, tendo em mente que uma variedade delas deve existir para que a própria noção de escolha não desapareça, e com ela toda a possibilidade de debate político? (c) Como nós podemos evitar a emergência de situações irreversíveis que excluem certas opções tecnológicas meramente porque elas não foram apoiadas em um determinado tempo?

Se é para a ACT tornar-se uma opção prática e não permanecer como um sonho utópico, são necessários o esclarecimento e a maior articulação desses problemas. Um importante elemento é modelar a dinâmica dos processos de projeto e adoção tecnológicas, de modo a responder três questões analíticas: (a) Como identificar os atores que fazem parte dos processos de projeto e de adoção de tecnologias? (b) Como explicar o desaparecimento de opções tecnológicas alternativas (ou do que é chamado variedade tecnológica)? (c) Como levar em conta o aparecimento de situações irreversíveis (becos sem saída)?

Os muitos estudos interessados na dinâmica do desenvolvimento tecnológico feitos nos anos recentes sob a bandeira de várias disciplinas de pesquisa são um ponto de partida. Os modelos de competição tecnológica (Arthur 1989; David 1986 e 1987), análises em termos de sistemas tecnológicos (Hughes 1983; MacKenzie 1991), de evolução ou quase-evolução (...) ou de atores-redes (...), têm em comum que todos eles enfatizam o fato que a agregação das decisões tomadas pelos atores no tempo  $t-1$  contribui pesadamente para a determinação do campo de escolhas no tempo  $t$ . Colocado sucintamente, tanto a oportunidade de participação no processo de decisão quanto a natureza intrínseca das opções disponíveis são dependentes de trajetórias.

O outro ponto inicial é o conceito de rede que nos habilita a reconstituir a dinâmica das decisões tomadas por uma população de atores confrontada com a necessidade de fazer opções tecnológicas. Isto nos permite usar as mesmas categorias gerais para analisar ambas as fases, a do projeto e a da adoção. Para atingir isto nos distanciaremos um tanto da definição usual deste conceito. Como usado aqui, o termo rede não é considerado como um mecanismo de coordenação intermediário entre uma organização e o mercado (Thorelli 1986; Powell 1990; Imai and Baba 1991; DeBresson and Amesse 1991; Freeman 1991). [O termo rede] é entendido no sentido mais estreito para significar o

grupo de relacionamentos não especificados entre entidades cuja própria natureza é indeterminada. A figura de uma rede é assim reduzida a um simples diagrama. A simplicidade desta ferramenta analítica é a sua principal vantagem. Ela oferece um referencial mínimo para descrever interações em toda sua diversidade e riqueza. Por esta razão ela pode ser igualmente bem aplicada às fases de projeto e de adoção.

Este capítulo é baseado em um projeto (Callon 1993) em que eu identifiquei três modelos relevantes. O primeiro deles, o modelo de difusão tradicional, é aplicável na descrição da difusão de um dado produto ou processo tecnológico  $T_j$  que não sofre transformação durante a adoção. Ele reconstitui os caminhos de difusão pela referência à posição dos primeiros adotantes e à forma das redes de interdependência entre os atores. Este fato nos capacita a seguir as transformações por que passaram estas redes em conformidade com o grau de progressão do processo de adoção: nós podemos assim observar a emergência de novas estruturas sociais geradas pela agregação de sucessivas decisões.

O segundo modelo, difusão competitiva, é uma extensão do primeiro, colocando várias tecnologias substituíveis em competição uma com a outra. Ele se refere às mesmas variáveis que o modelo anterior, mas é mais complicado para analisar, por causa da multiplicidade das tecnologias presentes e a gama de trajetórias possíveis.

O modelo três, o modelo ator-rede, tem o mais amplo escopo, integrando os resultados dos dois primeiros com o processo tecnológico de concepção, projeto e desenvolvimento. Este capítulo apresenta – inevitavelmente de forma sumária e abstrata – o terceiro modelo, que é o mais relevante para os propósitos da ACT.

Os modelos de difusão e de difusão competitiva têm como sua principal fraqueza o fato de assumirem as entidades tecnológicas e humanas (fornecedores, adotantes, etc) como variáveis exógenas e imutáveis. As tecnologias são consideradas como dadas: seu projeto é excluído e julgado não ter influência no processo de adoção; transformações (adaptação, diferenciação) ocorrendo a jusante são também negligenciadas.<sup>1</sup> Similarmente, a separação entre fornecedores e adotantes, e entre adotantes e não-adotantes, que existiam *ab initio* não são reavaliadas subseqüentemente. A população de adotantes potenciais é circunscrita de uma vez e para todos, enquanto ambos, fornecedores e usuários, são desqualificados no que tange a influenciar as opções tecnológicas. A economia das mudanças técnicas e a sociologia das inovações fizeram contribuições significativas para demonstrar a natureza irrealista dessas suposições, tal como quando chamam a atenção para as características coletivas e adaptativas do processo de inovação. O modelo ator-rede é projetado para superar essas limitações. Ele integra as fases tecnológicas do projeto e reprojeção do processo de desenvolvimento, com os adotantes tendo em prin-

cípio as mesmas oportunidades para tomar parte na elaboração da Tj que os fornecedores. Ele ressalta a co-evolução de tecnologias e seres humanos interagindo com elas, deixando espaço para a variação da população de adotantes potenciais. Ele tem uma abordagem relativamente inderterminista quanto a dizer se uma dada entidade pertence ao universo tecnológico (adotável) ou ao universo humano (projetistas e/ou adotantes). Isto reconhece a natureza evolutiva das convenções (autoridades, regras, costumes).

## Os elementos básicos do modelo ator-rede

### *Atores e técnicas<sup>ii</sup>*

Pode-se fazer uma distinção entre entidades que são chamadas 'objetos técnicos' e outras que são definidas como 'atores'. As primeiras estão sujeitas à negociação no que tange às suas características e ao seu processo de produção. Elas são modificadas com o tempo como uma função do estado das forças e acordos que prevalecem entre os atores. Estas transformações podem ser mais ou menos significativas. Elas dependerão do grau de convergência ou divergência entre os pontos de vista dos atores participantes da negociação. Tracy Kidder mostra, por exemplo, como, dentro de uma empresa, cientistas de computação, pesquisadores e equipe de vendas negociam para definir as características de um novo minicomputador a ser colocado no mercado: grau de compatibilidade com modelos existentes, configuração de bits a ser selecionada, micro-instruções, tamanho da máquina, características do microprocessador, etc (Kidder 1981). A história da concepção de uma inovação está misturada com as discussões e acordos que ela levanta (MacKenzie 1991). Em alguns casos, ao cabo de uma série de transformações necessárias para [atingir] um acordo aceitável para todos os protagonistas, a inovação está estabilizada e pronta para entrar na rede de adoção.

O conceito de negociação conduz ao de ator. Um ator é qualquer entidade individual ou coletiva que toma parte em negociações e contribui para atingir um acordo. Cada ator pode ser descrito simplesmente em termos de sua própria visão do objeto técnico a ser posto em circulação: um membro de uma equipe de marketing pode dar maior peso à compatibilidade do novo modelo com modelos anteriores, uma equipe de engenheiros pode preferir um novo microchip promovido por uma empresa na qual têm confiança, o gerente do projeto exige que a concepção permita a automação da produção, etc.

É possível dizer que as técnicas e os atores que participam no processo de concepção evoluem juntos. Sejam dois atores  $A_i$  e  $A_j$  negociando a técnica  $T_k$ . Eles irão (cedo ou tarde) se forçar uns aos outros a achar um ajuste e entrar em acordo sobre suas opções preferidas. Isto conduzirá a uma redefinição da  $T_k$  cujas características serão modificadas à proporção que as negociações progredirem. Mas os próprios  $A_i$  e  $A_j$  também [se] desenvolverão por causa do

simples fato de que estão envolvidos na procura de um acordo. Suas concepções, interesses e projetos mudarão à proporção que eles concordarem em abandonar algumas de suas exigências iniciais para levar em consideração aquelas do outro ator. Uma vez atingido o acordo, as identidades de Ai e Aj estão transformadas. É por esta razão que eu uso a idéia da co-evolução de técnicas e atores.

A natureza da dinâmica que termina com um acordo satisfatório depende, obviamente, da distinção estabelecida no começo do processo entre as técnicas que são o propósito da negociação e os atores que negociam. Seria natural considerar que os “objetos técnicos” sejam necessariamente de natureza material e os atores sejam seres humanos, individuais ou coletivos. Este é de fato freqüentemente o caso, mas esta regra está sujeita a exceções, e cada vez mais. As técnicas são freqüentemente [seres] híbridos abrangendo objetos materiais e seres humanos (por exemplo, uma fábrica automatizada, um reator nuclear, etc) e o que é tratado no projeto pode incluir os operadores, as turbinas, os fluídos circulantes, os elétrons em permanente movimento, etc. A natureza híbrida dos objetos técnicos é espelhada no fato que a população de atores potenciais não está limitada aos seres humanos. Inteligência artificial distribuída é o melhor exemplo de comunidades nas quais robôs e sistemas especialistas, assistidos por operadores humanos, negociam a agenda de produção de um novo produto. Em alguns casos, a separação entre o que é *negociado* e o que *negocia*, entre o intermediário e o ator, é geralmente aceita como ambígua (Callon 1992) e convenções (leis, regras, costumes) são introduzidas para esclarecer as distinções. Contudo, nada pode ser considerado como definitivamente estável, e situações ambíguas estão se multiplicando sob pressão da ciência e tecnologia. Por exemplo, quando um embrião é reconhecido como um ator com direitos à expressão (através de um porta-voz intermediário) ao invés de uma coisa sobre a qual qualquer experiência ou transformação pode ser feita? As respostas a este tipo de questão estão longe de serem fixas e mudam com as redes dentro das quais são formuladas.

Tirando as convenções que delimitam as fronteiras entre atores e técnicas, a composição do conjunto de atores e técnicas que estão envolvidos em certo momento é a segunda variável que afeta a dinâmica e o resultado de negociações. Dependendo da identidade dos protagonistas e da natureza dos objetos técnicos, o produto final e seu espaço de difusão podem ser significativamente diferentes.

### *Redes sociotécnicas: o que a negociação envolve*

Existem seqüências durante as quais as convenções que governam a divisão entre atores e técnicas são estáveis. Além disto, no começo de uma seqüência a lista de atores e técnicas envolvidas é conhecida (mesmo se, como será mostrado, ela possa evolver durante a seqüência). Uma vez que a identidade

dos atores negociantes e as técnicas a serem desenvolvidas estejam definidas, é preciso ser determinado o que está em jogo nas negociações. Neste contexto, eu gostaria de recordar um achado crucial da sociologia da inovação (Akrich 1992; Callon 1987; Latour 1988; Law 1991; Rabeharisoa 1992).

Seja um artefato técnico Tk que é a matéria de negociação de vários atores na rede de concepção. É possível mostrar que para cada Tk existe uma rede sociotécnica correspondente que descreve o mundo que este artefato estrutura e mobiliza. Um exemplo simples ilustrará este ponto. Considere um esquema corriqueiro como uma divisória eletrônica de entrada para uma estação do metrô de Paris. Isto pressupõe um usuário humano de posse de um bilhete válido suficientemente competente para entender que ele deveria inserir o bilhete em uma fenda projetada para isto e que o bilhete deveria ser recuperado, se for reutilizável, e que não entre em pânico se o bilhete não reaparecer. As versões mais recentes desta aparelhagem estendem seu modelo de usuário para incluir um usuário fraudulento e ágil que pode saltar sobre a divisória sem pagar, mas que então baterá no portão subsequente que foi adicionado para tornar sua vida mais difícil. A aparelhagem também pressupõe bilhetes de transporte com uma faixa magnética gravada, um computador central capaz de ler esta informação e identificar e classificar o usuário (válido ou não) e subsequentemente destrancar o portão, etc, ect...: a descrição poderia ser levada *ad infinitum*. A aparelhagem divisória-de-entrada-na-entrada-das-estações-de-metrô organiza uma rede de relações entre entidades, algumas humanas, outras técnicas, cujos papéis e vínculos são perfeitamente definidos e em algum grau estruturados pela aparelhagem. As conseqüências desta observação são importantes para a análise do processo de concepção. O que é negociado entre os atores não é somente as características de Tk (por exemplo, a divisória de entrada), mas também ao mesmo tempo a rede sociotécnica ligada a Tk. Houve divergências profundas quando estavam definindo a descrição do projeto, entre os engenheiros da Thomson e os dos sub-contratados e entre o escritório de projeto e o departamento de marketing da RAPT (Autoridade de Transporte Público de Paris). As divergências não diziam respeito somente às características técnicas da divisória de entrada (seu tamanho, o portão adicional, a velocidade de leitura da tarja magnética, a caixa que protege a divisória de entrada de possível vandalismo, etc). Elas também diziam respeito às várias definições de técnicas complementares  $T^{CK}$  (o design do bilhete, o algoritmo de controle, etc) mas também, e acima de tudo, aos papéis atribuídos aos passageiros e sua derradeira divisão entre sub-populações distintas como, por exemplo, se seria [ou não] necessário adotar divisórias de entrada para viajantes deficientes e aqueles carregados de bagagem pesada. Aqueles que concebem a técnica tornaram-se técnicos, sociólogos, economistas, moralistas à proporção que percorriam a rede sociotécnica vinculada ao objeto sendo concebido. Apareceram controvérsias em todas estas questões. Ao discutirem a forma da divisória de entrada os vários departamentos da RAPT e da Thomson discutiam o conteúdo e a morfologia das redes sociotécnicas a serem construídas. Quando

um acordo foi atingido, de fato eles estavam entrando em acordo sobre uma rede sociotécnica particular, que é freqüentemente o resultado de experimentar e remexer as redes defendidas resolutamente por vários atores (Figura I). As características dos potenciais usuários e atores de adoção podem ser determinadas em relação a este resultado, e também [as características] dos produtores e distribuidores, etc.

### *Recrutamento*

A confecção da lista de atores e técnicas envolvidas depende não somente do conteúdo das convenções já discutidas, mas também dos procedimentos e estruturas organizacionais que determinam a direção que as negociações a respeito das técnicas devem tomar a respeito, por exemplo, dos participantes, da vez de cada um, de suas prerrogativas, etc. Os atores participantes podem pertencer a uma única organização, podem ou não vir de diferentes departamentos ou divisões, ou ser recrutados [enredados] de diferentes organizações (laboratórios públicos, firmas de serviço, usuários avançados, ministérios, bancos, empresas de capital de risco). A forma das relações e seu desenvolvimento no tempo podem variar desde simples vínculos bilaterais, avançando sem parar, até interações multidirecionais em permanente movimento. Todas estas regras (formais e informais) foram discutidas por sociólogos e, mais recentemente, pela teoria econômica das organizações. As regras contribuem fortemente para a definição dos atores, dirigem suas intervenções e coordenam suas ações (Aoki, 1990; Eymard Duvernay 1989; Gaffard 1990).

Mas o recrutamento vai além das entidades fisicamente presentes durante a negociação. Para mostrar isto, eu introduzo o conceito de representar uma rede. Cada ator  $A_i$  exerce força no processo de negociação posicionando-se como uma representação de uma rede, a ser denotada como  $R_i(A_i)$ . Tal posicionamento traz como consequência uma definição da identidade do próprio ator, e das entidades  $A_j$  que a rede congrega. No caso da divisória de entrada do metrô, o ator Thomson vai se referir de volta à sua composição técnica e organizacional, e um porta-voz dos usuários pode se referir ao seu conhecimento dos (i.e. a ser representante dos) hábitos e preferências dos usuários.

Figura I: Alguns elementos da rede sociotécnica da divisória de entrada

---

{ver figura na página 314 do original}

---

Tal representação / identificação é ela própria o resultado de um processo, e não é necessário ter havido acordo sobre ela. Entidades  $A_j$  representadas na versão de  $A_i$  da rede podem ter uma visão diferente, que pode ser denotada como  $R_i(A_j)$ . Divisões diferentes dentro da Thomson bem poderiam enfatizar aspectos diferentes do papel da empresa no metrô de Paris. Quando as redes  $R_i(A_j)$ ,  $R_i(A_k)$ , etc são similares, é mais fácil para  $A_i$  posicionar-se como porta-voz para  $R_i$  do que quando há dissimilaridade. No caso de adotantes e usuários, medidas de equivalência estrutural podem ser usadas de maneira direta para quantificar uma medida de similaridade (Burt 1987). Em outros casos, como o da Thomson, é possível criar uma medida de similaridade comparando versões das narrativas de  $R_i(A_j)$ ,  $R_i(A_k)$  etc.

O posicionamento de  $A_i$  pode ser contestado durante o processo de negociação, e  $A_i$  pode então ter que trazer explicitamente as entidades que compõem a sua rede como, por exemplo, capacidade especializada adicional, conexões com outros objetos técnicos, com fornecedores, com ministérios. A possibilidade de fazer isto é o que determina a força de  $A_i$  (contanto que já haja similaridade suficiente na rede  $R_i$  ou que ela possa ser criada). Deste jeito, o enredamento de entidades fora do escopo imediato do processo de concepção podem ser analisados.

Outra rota é antecipatória, quando um ator adiciona novas entidades à lista como, por exemplo, usuários mais sofisticados ou mais fraudulentos, para dar apoio ao seu caso favorável à uma forma particular da rede sociotécnica em formação. Isto então cria uma dependência destas novas entidades como, por exemplo, um nova conexão na rede, pois elas deviam se comportar (ou serem obrigadas a ser comportar) como estipulado nas projeções. De novo, se as novas entidades têm uma rede de definição similar à projetada (ou podem ser persuadidas a ter uma assim), torna-se relativamente fácil para o ator geral fazer com que elas sigam o cenário.

### *A dinâmica de convergência e divergência*

A dinâmica da rede de concepção pode ser analisada em termos de aumentos e reduções na convergência. Uma rede é convergente se as três condições seguintes forem satisfeitas: (a) há acordo quanto às distinções iniciais entre atores e técnicas; (b) há acordo quanto à lista de atores e técnicas envolvidas nas negociações; (c) há acordo quanto à descrição das técnicas sendo concebidas, i.e. quanto à descrição das redes sociotécnicas relacionadas [às técnicas sendo concebidas]. Quando estes acordos não são estabelecidos, a rede de concepção é divergente. O conceito de acordo foi usado acima, e foi observado que ele poderia ser aplicado [não só] à identificação de atores a serem recrutados (através de convenções e regras organizacionais) mas também à definição de redes que os atores inscreveram nas técnicas que eles queriam negociar. Assim quatro configurações podem ser identificadas (Figura II).

Caso 1 corresponde ao acordo perfeito. O consenso se aplica tanto às redes sociotécnicas esperadas quanto à lista de atores participantes (assim como a seus direitos e deveres). A rede de concepção resultante é convergente. As redes inscritas nas técnicas em concepção, i.e. as próprias técnicas, são idênticas. As descrições não mais provocam debates ou controvérsias, nem a lista ou o papel dos atores envolvidos no desenvolvimento das técnicas em questão.

Caso 4 é o de total desacordo quanto tanto à definição das técnicas e as redes sociotécnicas esperadas relacionadas a elas, quanto à lista de atores envolvidos e seus direitos e deveres.

Casos 2 e 3 são desacordos parciais que provocam diferenças de opinião.

#### Figura II: Dinâmica da rede de concepção

---

{ver figura na página 316 do original}

---

A partir do exposto acima pode ser dito que o grau de convergência ou divergência é o resultado (sempre provisional) de um processo que leva ao acordo ou ao desacordo quanto à rede antecipada e os atores envolvidos (ou envolvíveis). Se o ponto de partida for o desacordo completo, o acordo só pode ser alcançado no fim de um processo de negociação durante o qual tanto a definição das técnicas e a lista de atores elegíveis para negociar tenham sido ajustadas e modificadas. Para passar da divergência para a convergência ocorre adaptação mútua. A dinâmica desta adaptação depende, em grande parte, das formas de organização e das regras de coordenação que prevalecem nas redes de concepção, i.e. quem negocia com quem, em que ordem e de acordo com que seqüências. A distribuição de competência também é crucial: quem são os atores e quais são suas competências, podem [ou não] eles serem substituídos, e em que grau, por outros atores escavando progressivamente mais fundo na rede de similaridade a eles associadas. A organização destas interações é obviamente essencial, porque o conteúdo do acordo em particular, i.e. as características das técnicas, depende da dinâmica [das interações] assim como a determinação da rede de adoção (como será mostrado). A rede se desenha, tanto quanto ela desenha as tecnologias (no sentido de artefato). Basta mudar a lista de atores autorizados a negociar, a ordem de sua intervenção, a morfologia das interações e também os meios pelos quais atores “representados” podem ser envolvidos (por exploração das redes de similaridade) para que outras técnicas sejam desenvolvidas. A dinâmica da rede de concepção corresponde ao que os economistas chamam de “aprendizado”. Na presente formulação, está também claro que há oportunidades para interven-

ções tais como visualizadas pela ACT. Também deveria ser enfatizado que o estabelecimento de acordo com que se possa trabalhar representa um custo que não é recuperável antes que os estágios subseqüentes entrem em ação.

## **Redes de concepção-adoção**

### *Adoção*

O processo de concepção acaba quando é alcançada a convergência da rede. Começa então a fase de adoção que se encaixa com manufatura e distribuição, etc. Quando a convergência é obtida dentro da rede de concepção, é alcançado o acordo sobre a técnica Tk. Como foi realçado, o acordo não é sobre a técnica no sentido estrito. Ele também se aplica às redes inscritas na técnica que terá freqüentemente sido a matéria de longas negociações na fase de concepção. A identidade dos adotantes (ou mais genericamente, usuários), a natureza do processo de manufatura, o papel da equipe de marketing e a tarefa dos fornecedores, etc, também terão sido discutidos (algumas vezes, calorosamente). O estabelecimento do acordo sobre a definição dos adotantes (quem são eles e suas exigências) pressupõe o envolvimento de “porta-vozes” para os adotantes no processo de concepção (usando toda a gama de meios disponíveis para tornar conhecidas as exigências dos potenciais usuários: estudos de mercado, painéis, experimentos, etc (Akrich 1992)) e, em certos casos estes porta-vozes serão eles próprios os primeiros adotantes. O que é verdadeiro para os adotantes também vale para todos os outros atores na rede de concepção, alguns dos quais serão progressivamente mobilizados à proporção que a produção aumente. A Figura III mostra a rede de concepção e a rede de adoção juntas com as redes relacionadas de subcontratação, manufatura, pesquisa e financiamento, da maneira como estas estão vinculadas à rede sociotécnica Tk.

Quando Tk é fixada, o primeiro adotante pode ser identificado no momento em que o processo de adoção começa. Neste modelo a identificação do primeiro adotante não é um “pequeno evento” exógeno (Arthur 1989) mas sim o resultado endógeno do processo de concepção (Mangematin e Callon 1991). Olhando-se as suas redes de similaridades, podem ser determinadas a população de potenciais adotantes e a morfologia das interdependências que os vinculam. Isto pode ser reduzido ao modelo de difusão que descreve a adoção de técnicas estáveis. Em geral, as redes de produção, subcontratação e financiamento também são ativadas na segunda fase. Uma vez começado o processo de adoção, fornecedores fornecem, produtores produzem e financiadores financiam. Neste modelo, oferta e tão importante quanto demanda e a rede de adoção de Tk se casa com as redes de financiamento e de produção de Tk. A rede final opera em diversas direções simultaneamente e, para ganhar a frente da adoção, precisa mobilizar as frentes de manufatura e subcontratação.

De novo, custos precisam ser atribuídos a estas atividades nestas diversas frentes.

Figura III: A negociação de técnicas influencia a forma das redes pertinentes

---

{ver figura na página 318 do original}

---

Também é possível especificar situações de competição tecnológica (modelo 2). Basta imaginar que existam outras redes de concepção desenvolvendo Tj que sejam vinculadas a redes de adoção que se sobreponham (parcialmente ou mais raramente totalmente) à rede de adoção de Tk. Adoção e competição de Tk e Tj são então descritas em termos das técnicas (que são estáveis), dos primeiros adotantes e das suas redes de similaridade.

#### *A dinâmica das redes de concepção-adoção*

A dinâmica da concepção / adoção de uma técnica é um processo de dois estágios em que se alternam fases de concepção e produção no sentido estrito destes termos. Primeiro, as técnicas se conformam e os atores que irão participar na sua produção e difusão são definidos. Na segunda fase, que é por assim dizer o resultado do trabalho concluído nas redes de concepção, desenvolve-se uma dinâmica que é a de adoção-concepção. É durante a concepção, isto é, dentro da rede responsável pela concepção, que a base para o recrutamento no estágio de adoção é estendida. A população daqueles que irão adotar depende dos atores envolvidos, seus interesses e daqueles que eles representam e será determinada pelas escolhas técnicas feitas. Durante a fase de concepção os primeiros adotantes são negociados ao mesmo tempo que as técnicas a eles destinadas. É sobre esta base que as redes que serão mobilizadas emergem. A trajetória destas negociações determina o ponto de partida da trajetória de adoção. A estratégia de tecnologia (a concepção de Tj) e a estratégia comercial (identificação dos primeiros usuários que pela interação de suas redes de similaridade deslançam o processo de adoção e os eventos subsequentes) estão intimamente implicadas.

Outra distinção é útil para descrever a trajetória. Ela é baseada na respectiva duração de cada uma das fases de concepção e de adoção. Duas configurações extremas podem ser identificadas. No primeiro caso, a fase de concepção dura um tempo grande e é seguida por uma fase de adoção curta: a técnica está evoluindo e é provavelmente compatível com manufatura de pequena escala. No outro caso, a fase de adoção dura um tempo longo em relação à

fase de (re-)concepção. As técnicas são estáveis e padrões. Isto é compatível com a produção em massa.

Uma seqüência concepção-adoção é referida como a sucessão destas duas fases, e é denominada 's'. A seqüência começa com a convergência da rede de concepção que como um resultado de negociações múltiplas estabilizam  $T_j$  e  $A_i$ . Isto implica na configuração das redes de similaridade das quais os vários  $A_i$  envolvidos na concepção são os representantes, e continua com a progressiva criação e articulação das redes de adoção e produção.

$R_s(t)$ , a rede sociotécnica que está disponível ao final da seqüência  $s$ , contem as redes de concepção, produção e adoção simultaneamente.  $R_s(t)$  reúne entidades que existiam de uma forma diferente, ou que tinham vínculos mais fracos e diferentes, no começo da seqüência.

A fase de concepção sempre herda redes formadas em seqüências anteriores, e em uma seqüência posterior o ponto de partida é  $R_s(t)$ . Isto significa que a concepção se nutre em redes pré-formadas nas quais as técnicas e diversos atores (produtores, adotantes, financiadores, pessoal de marketing e pesquisadores, etc) estão amarrados uns aos outros e os vínculos podem muito bem estar estáveis. Na seqüência  $s_t$ , o número de atores envolvidos crescerá da concepção para a adoção. Mas cada mobilização de um novo ator (adotante, banqueiro, sub-contratado) se abre sobre novas redes. Se o processo pára, é somente porque foi atingido o estágio em que a probabilidade de entrada no que será  $R_s(t)$  cai abaixo do limiar e é muito fraca para ser significativa (ou adotando-se uma metáfora econômica: os custos de entrada são mais altos que o valor dos benefícios esperados). Quanto mais longe a rede se estende tanto mais ela multiplica as possibilidades de conexão com outras redes de similaridade. Surgem verdadeiros objetos de fronteira (Hennion 1991; Star and Griesemer 1989), os quais, enquanto, é claro, pertencendo a  $R_s(t)$ , também aparecem em outras redes de similaridade, distintas daquelas mobilizadas por  $R_s(t)$ . Uma rede profundamente diferente daquela que lançou a seqüência pode, assim, ser estabelecida. A lista de [atores]  $A_i$  que compõem  $R_s(t)$  (que é diferente da rede de concepção existente no começo da seqüência tanto quanto ela foi aumentada por todos os atores e todas as técnicas recrutadas durante as fases de adoção e produção) forma uma reserva de participantes potenciais para a rede de concepção da seqüência seguinte  $s_{t+1}$ . Na nova seqüência os primeiros usuários, que participam da rede de concepção, serão, por exemplo, selecionados dentre os últimos adotantes da seqüência precedente; pesquisadores utilizados no final da seqüência (cujas redes de similaridade podem ser diferentes daquelas do começo da fase de concepção), serão escolhidos como atores na nova rede de concepção. Isto fornece um quadro de continuidade assim como um princípio de transformação que se baseia na lógica das redes de similaridade e das permanentes disparidades de espaço e tempo nelas envolvidas.

O segundo elemento essencial na transformação de  $R_s(t)$  para  $R_s(t+1)$  está vinculado às convenções que definem as condições de acesso para se tornar um ator ou para ser uma técnica. Entre  $t$  e  $t+1$ , é possível imaginar que estas regras podem mudar. Variações nas convenções estão se tornando mais comuns com as preocupações crescentes sobre o meio ambiente: por isso clorofluorocarbonetos foram repentinamente retirados da lista de substâncias que poderiam ser usadas na concepção do aerosol. Se  $R_s(t)$  usa embriões como material para o desenvolvimento de uma técnica médica  $T_k$  e se, depois da fase de adoção de  $T_k$ , a lei proíbe o uso deste material (ao qual foi concedido o status de dignidade humana), a transformação para  $R_s(t+1)$  será profundamente alterada. É também possível que experimentos médicos com seres humanos, proibidos no passado, possam ser autorizados em data futura. Há o caso bizarro em que chimpanzés foram usados para testar certos produtos farmacêuticos. Foi julgado que eles não eram adequadamente representativos de seres humanos e foram substituídos, sumariamente, fazendo pouco da lei, por grupos de pacientes voluntários supervisionados por um painel de especialistas de várias organizações científicas. O chimpanzé, outrora legitimamente sujeito à manipulação, foi substituído por um grupo de pacientes e o ator-pesquisador por um grupo dissidente de pesquisadores e especialistas (Bibard 1991). Em qualquer caso, a lista de atores disponíveis para participar na fase de concepção seguinte será modificada e será necessário dar conta disto ao explicar  $R_s(t+1)$ .

### *Irreversibilidade e variedade*

Se a trajetória técnica-econômica é a série de transformações  $R_s(t)$ ,  $R_s(t+1)$ , ... , é fácil compreender sob que condições a trajetória torna-se irreversível e produz, ou não produz, variedade. Ao discutir irreversibilidade, é suficiente considerar duas situações extremas.

A primeira é o caso em que  $R_s(t+1)$  reinjeta no processo de concepção todas as técnicas e todos os atores presentes na fase de concepção de  $s_t$  enquanto adiciona novos atores recrutados durante a adoção de  $s_t$ , o que abre possíveis novas redes de adoção. Assim, o aprendizado é acumulado e as redes são estendidas sem perdas. Tais situações são mais comuns se o recrutamento aconteceu em redes de similaridade fortemente vinculadas. Neste caso, os últimos recrutados são quase substituíveis pelos anteriores. Este tipo de desenvolvimento torna-se mais e mais provável à medida que as seqüências se sucedem umas às outras. À medida que o número de seqüências concepção-produção-adoção aumenta, as redes  $R_s(t)$ ,  $R_s(t+1)$ , etc, tornam-se mais e mais conectadas e estáveis. Vínculos internos reforçam-se mutuamente em detrimento de vínculos externos. Depois de numerosas seqüências, a probabilidade de abrir novas redes é baixa, porque cada ator tornou-se mais e mais semelhante aos outros atores na rede e menos semelhante aos atores que não estão na rede mas com quem permanecem conexões. As fronteiras entre a

rede e seu “meio ambiente” são reforçadas e a rede separa-se de seu contexto. Tal situação é usualmente acompanhada pela produção de normas e padrões que alinham o comportamento de atores e técnicas. Os vários elementos da rede são equivalentes e cada um fala pelos outros. Tal desenvolvimento corresponde a uma trajetória que está se tornando irreversível.

A outra situação é aquela que corresponde a uma transição de  $R_s(t)$  para  $R_s(t+1)$  na qual atores e técnicas recrutadas para a nova fase de concepção são diferentes daqueles da fase de concepção da seqüência prévia e pertencem à população dos últimos recrutados de  $s_t$ . Como conseqüência eles podem não ser muito semelhantes aos atores que estavam envolvidos na fase anterior.  $R_s(t+1)$  terá uma composição, tanto de atores como de técnicas, que a coloca a alguma distância de  $R_s(t)$ . Isto pode acontecer de novo na transição para  $R_s(t+2)$  de modo que não haja convergência no tempo e muito pouca irreversibilidade.

No caso de trajetórias irreversíveis as formas das técnicas desenvolvidas durante as seqüências sucessivas são relativamente estáveis, enquanto no caso de trajetórias abertas elas podem variar significativamente de uma seqüência para a próxima.

O fato de uma seqüência de redes tornar-se presa de uma trajetória ou de outra depende de fatores numerosos. Um deles é a morfologia das redes dos adotantes.<sup>iii</sup> Se elas são fracamente conectadas, têm cadeias longas de vínculos e com índices de similaridade regularmente decrescentes, então provavelmente resultarão em trajetórias abertas. Se, ao contrário, elas são fortemente conectadas e índices de similaridade mostram descontinuidades (segmentação) marcantes, uma trajetória irreversível será seguida. Contudo, nenhum dos efeitos é automático ou definitivo.

Outro determinante da trajetória origina-se na natureza e na forma dos mecanismos de coordenação que desempenham um papel importante no recrutamento dos elementos da rede de concepção em  $s_{t+1}$ . Se os atores formando a rede de concepção prévia estão ligados por vínculos fortes, seu envolvimento é inevitável, e se o equipamento, instrumentação ou outros recursos não tiverem sido depreciados ou substituídos, eles formam ativos que precisam necessariamente ser explorados. A trajetória irá rapidamente tornar-se irreversível. Se, por outro lado, os atores na rede de concepção de  $s_t$  são coordenados através de mercados ou quase-mercados, as dissociações e novas associações são mais fáceis. Simulações podem estabelecer a probabilidade de tendências em relação à natureza de transformações prévias.

A geração e a manutenção de variedade técnica podem agora ser tratadas de uma maneira rigorosa fornecendo uma interpretação dinâmica da competição tecnológica.

Situações de competição tecnológica relacionam-se a diferentes configurações. Para a competição existir é suficiente que as redes de adoção se sobreponham. Mas se outros atores e / ou técnicas (pesquisadores, projetistas, engenheiros de produção, técnicas experimentais, meios de produção, etc) nas duas redes de concepção competidoras são profundamente diferentes uma da outra, então as técnicas serão não só dissimilares mas também as redes dos sistemas de produção, subcontratação, cooperação com universidades e financiamento terão pouco em comum.  $R_j(t)$  e  $R_k(t)$  não compartilham nada a não ser o mesmo segmento de mercado. Se, por outro lado, as similaridades chegam a circundar os atores de pesquisa, os circuitos financeiros, os subcontratados, etc, a configuração é de firmas ou grupos que não estão só visando os mesmo usuários, de modo que todas as configurações intermediárias de competição tecnológica são possíveis. Para analisar a competição, é portanto necessário mudar a perspectiva para um foco nas redes de concepção e nas interligações que as tornam mais ou menos dependentes.

Similaridade de adotantes pode ser a consequência de uma multiplicidade de fatores:

Forte conectividade de redes de adoção que dão origem a uma alta probabilidade de forte similaridade entre seus porta-vozes dentro das várias redes de concepção (esta configuração poderia ser a herança de competição tecnológica entre trajetórias altamente irreversíveis).

Fortes vínculos entre as redes de concepção (recurso a especializações científicas idênticas, mobilização das mesmas equipes de pesquisa, subcontratação das mesmas organizações de pesquisa por contrato, utilização da mesma parceria para consultoria, dependência das mesmas fontes de informação e estudos, participação nos mesmos programas públicos, redes de distribuição conjuntas, etc).

A transição de uma situação de competição para uma situação de não competição ocorre quando as redes de adotantes selecionadas pelas redes de concepção tenham sido redefinidas de uma maneira suficientemente radical de modo a encontrarem-se sem nada em comum. Tal divergência geralmente se desenvolve ao longo de várias fases de adoção. O desenvolvimento de uma situação de competição para uma situação de não competição, ou vice-versa, será mais provável se as trajetórias associadas a  $T_j$  e  $T_k$  forem elas próprias trajetórias abertas. Depois de muitas seqüências de adoção, é mais difícil escapar da situação (de competição ou de não competição) que tenha se estabelecido.

## Conclusões

A apresentação acima integra resultados de pesquisa produzidos por uma variedade de disciplinas e abordagens. Poderia ter sido pensado que teoria ator-rede e teoria de difusão tecnológica fossem totalmente incompatíveis; que fosse improvável o sucesso de uma reconciliação entre o modelo de competição tecnológica e uma análise em termos de trajetórias. O mais amplo dos

modelos – o do ator-rede – abrange as fases de projeto (geração da variedade tecnológica) na sua análise do processo de adoção, criando um referencial analítico unificado dentro do qual situações específicas podem ser especificadas. O conceito de rede nos permite focalizar o processo de recrutamento; ele provê o meio de seguir a formação de vínculos entre as opções individuais de cada ator e os efeitos estruturais de agregar decisões anteriores. O modelo ator-rede afirma a importância da opção feita pelos primeiros adotantes. Esta opção é o resultado de barganha dentro da rede de concepção, levando à identificação das redes de similaridades que apoiarão subseqüentemente o processo de difusão. As redes de concepção são também responsáveis por iniciar uma situação de competição (ou de não competição) entre as tecnologias presentes.

Para ACT é importante que o modelo ator-rede torna visível todos os atores participantes nos processos de desenvolvimento e de difusão. As opções técnicas não são mais a prerrogativa exclusiva dos especialistas (técnicos, cientistas ou engenheiros): o executivo de marketing, o agente de vendas, o banqueiro e o primeiro usuário (beta) são tão ativos quanto estes [especialistas] quando se trata de construir a gama de opções – como na verdade são todos os subseqüentes usuários fazendo suas escolhas. Um ator coletivo, o ator-rede composto de uma tropa de atores individuais, entra em cena. A dinâmica do ator-rede também explica a geração de situações irreversíveis que ilustram o alto grau de predeterminação das opções feitas pelos adotantes: o jogo entre fases alternadas de concepção-adoção e os tipos de trajetórias seguidas são fatores a serem considerados quando se tenta explicar porque e como certas irreversibilidades passam a existir e outras são resolvidas. Da mesma maneira, a persistência ou criação, ou o desaparecimento, de situações de competição aberta (i.e. onde uma gama de opções alternativas está disponível) têm suas origens ou na dinâmica das redes de concepção ou na forma assumida pelo processo de adoção.

Do ponto de vista de um exercício de ACT, várias lições podem ser tiradas da análise.

Um – a importância da fase de projeto é confirmada:

- (i) A forma da tecnologia e sua área de difusão dependem em grande parte das opções dos atores e intermediários que compõem a rede de concepção. Pela introdução ou eliminação de um participante, e / ou por atribuições modificadas de autoria, pode ser produzida uma transformação tanto das características técnicas do produto final quanto da população de usuários.
- (ii) A importância do papel das formas de coordenação que governam as negociações dentro da rede de concepção também é enfatizada. Duas redes compostas das mesmas entidades, mas onde suas interações são organizadas diferentemente, não criarão a mesma tecnologia ou para a mesma população de adotantes potenciais.
- (iii) O grau de variedade das tecnologias propostas depende do número de redes de projeto competidores e, mais ainda, da diversidade de sua composição e de quaisquer conexões que existam entre elas.

Dois – a distinção feita entre “objetos técnicos”, ou melhor, intermediários, e atores é fundamental, visto que ela traça uma fronteira entre os actantes autorizados a fazer opções e engajarem-se em procedimentos de barganha, e aqueles destinados a desempenhar um papel meramente passivo. Um ator tem uma margem de iniciativa que não é concedida ao intermediário. Contudo, a atribuição de status intermediário a algum actante particular pode ser de grande conseqüência para o equilíbrio de poder dentro de toda a rede porque ele irá desaparecer do processo de negociação explícito. Considere, por exemplo, um procedimento rotineiro para conceder ou recusar empréstimos bancários a indivíduos privados (tal como aplicando um algoritmo de atribuição de pontos em um sistema especialista). As decisões tomadas por este sistema podem ser aceitas sem discussão pelo agente do banqueiro, levando à recusa de pedidos de empréstimos de clientes não considerados merecedores de crédito. Os clientes que protestarem ouvirem que o banco tem total confiança no seu sistema de rotina, que aplica cegamente as instruções nele colocadas. O usuário está desabilitado para discutir uma decisão que foi tomada por este sistema “cego” mas atribuída a uma entidade corporativa sem face que é o banco em questão. A dupla operação que consiste em reduzir um actante ao status de um intermediário (o sistema baseado em conhecimento), enquanto ao mesmo tempo aloca aquele actante-intermediário a um particular ator-actante (o banco), pode assim perturbar radicalmente o equilíbrio de poder dentro da rede ao conceder posições dominantes a alguns atores em relação a outros. Do ponto de vista da ACT, portanto, a maneira de distribuir os papéis de ator e intermediário é de importância capital.

Três – os graus de irreversibilidade e convergência dependem inteiramente da dinâmica da rede considerada. A identificação da gama de opções ainda abertas em determinado momento e a avaliação das possibilidades de reverter para tecnologias desprezadas no passado são funções que precisam ser mantidas por uma análise da dinâmica da rede de concepção e adoção. Isto chama a atenção para o importante fenômeno da difusão enquanto tal. A forma e o desenvolvimento de redes de similaridades desempenham um papel essencial na construção de situações irreversíveis, assim como manutenção ou declínio da variedade tecnológica.

Quatro – dada a importância da dinâmica da rede em relação ao processo de tomada de decisão, é essencial que nós possuamos meios de observar as dinâmicas que sejam de eficiência comensuráveis. A este respeito, a estratégia que defendemos, baseada em modelos, com as possibilidades de simulação que ela implica, é um recurso adicional valioso.

Por exemplo, ele poderia ser utilizado para identificar a gama de intervenções alternativas ou complementares que emerge porquanto a ACT focaliza a rede de concepção e adoção. As questões são:

(i) Como pode a diversidade de atores ser mantida e a variedade tecnológica ser preservada durante uma fase de adoção? O modelo fornece algumas das respostas a tais questões definindo os fatores cruciais: identificação dos primeiros adotantes; introdução de compatibilidades (padrões comuns) de modo a prevenir o surgimento de situações indesejáveis de beco sem saída; conformação e transformação das várias redes de similaridades (encorajando ou desencorajando padrões particulares de associação entre atores, tais como através de tarifas apropriadas, medidas reguladoras ou fiscais, ou políticas de desenvolvimento regional ou informação).

(ii) A mesma questão pode ser feita em relação às fases de concepção, mas evoca respostas diferentes. A intervenção pode tomar as seguintes formas:

introdução de atores para participar do processo de design (assistência na contratação de cientistas e projetistas; financiamentos de apoio a P&D industrial; desenvolvimento de áreas de treinamento selecionadas; regulamento das subcontratações; esquema de participação dos trabalhadores; regulamentos abrindo o acesso a posições na rede de design para certas categorias de atores, etc);

a maneira em que a rede de concepção e seus procedimentos de negociação são organizados: incentivos para programas conjuntos de pesquisa envolvendo firmas privadas e órgãos públicos na área de meio ambiente, aplicação de padrões especificações oficiais, etc;

apoio para redes de concepção emergentes, visando manter a variedade tecnológica;

supervisão de regras e acordos traçando o limite entre atores e intermediários; o objetivo sendo determinar aos quais é concedida uma margem de iniciativa versus aqueles cuja única função é aquiescer, e também influenciar a distribuição de poder de negociação tal como entre diferentes atores. Aqui nós encontramos todas as principais questões éticas advindas do desenvolvimento de entidades híbridas, a meio caminho entre humanos e não-humanos, desovados pela ciência da computação e pela biotecnologia.

Cinco – e finalmente, a abordagem da ACT apresentada aqui cria continuidade com análise econômica regular, que é essencial para ultrapassar o contraste improdutivo entre as assim chamadas forças econômicas e os valores relativos à organização, à estrutura e ao funcionamento da sociedade a serem implementados através da ACT. Na presente análise, não houve uma discussão separada do valor de, por exemplo, ter atores leigos envolvidos no desenvolvimento tecnológico. Nós focalizamos na adequação e viabilidade de intervenções enquanto estas podem ser derivadas de um melhor entendimento dos processos de desenvolvimento sociotécnico.

### **Notas:**

<sup>i</sup> O modelo da difusão competitiva, o mais flexível destes, só acomoda tais transformações na medida em que elas não prejudicam o princípio de especificações de uso final idênticas para diferentes versões.

---

<sup>ii</sup> Esta apresentação é um tanto estilizada. Para atender à brevidade, nem todas as hipóteses da sociologia da tradução, sobre a qual esta baseado o que se segue, foram discutidas aqui.

<sup>iii</sup> A morfologia das redes de subcontratação, financiamento, pesquisa, etc. deveriam também ser levadas em conta. Por razões de brevidade, somente as redes de adoção são discutidas aqui.