

Explorando Elementos Conceituais e de Governança para Políticas Públicas em Biotecnologia

Exploring Conceptual and Governance Elements for Public Policies in Biotechnology

DOI:10.34117/bjdv7n5-082

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 03/05/2021

André de Vasconcelos Costa Lobato

Doutorando pelo Programa de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da UFRJ, Pesquisador do Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde – Fiocruz.
E-mail: andrecostalobato@gmail.com

RESUMO

Este artigo explora o tema da governança global da genética e aponta para prioridades que devem ser levadas em consideração na formulação de políticas para o setor de biotecnologia. Argumenta-se que devem ser consideradas cinco prioridades: a heterogeneização da governança advinda de novos regimes jurídicos e novos atores, as cadeias de geração de valor das amostras, a demanda institucional para a análise das incertezas, a construção de redes laboratoriais e a observação das forças simbólicas que governam a legitimidade da ciência. São sugeridas três categorias de amostras: in situ, in vitro e in silico.

Palavras-chave: Biotecnologia, Interdisciplinaridade, Epidemiologia, Sociologia da Ciência, Economia

ABSTRACT

This article explores the topic of global governance of genetics and points to priorities that must be taken into account when formulating policies for the biotechnology sector. It is argued that five priorities should be considered: the heterogeneity of governance arising from new legal regimes and new actors, sample value chains, the institutional demand for the analysis of uncertainties, the construction of laboratory networks and the observation of symbolic forces that govern the legitimacy of science. Three sample categories are suggested: in situ, in vitro and in silico.

Keywords: Biotechnology, Interdisciplinarity, Epidemiology, Sociology of Science, Economics

1 INTRODUÇÃO

Grande detentor de recursos naturais e país com um complexo Sistema Único de Saúde, o Brasil tem repetidas vezes assistido surgir no debate público a necessidade de

tornar estratégicos os investimentos no setor de biotecnologia (SANT'ANA e AUCÉLIO, 2006). Essencialmente, o setor depende do uso eficiente dos ácidos nucleicos para produzir e identificar espécies e substâncias, criar novos mecanismos de vigilância social, realizar diagnósticos, tratamentos médicos e aprimorar a agricultura.

A biotecnologia, como toda mudança paradigmática (PORTIN, 2015), repercute profundamente no arranjo social, pois reorganiza as narrativas do que nos faz humanos, de como a vida funciona e de como categorizar, organizar, preservar e explorar os seres vivos. Assim como no tema do meio ambiente, questões locais da biotecnologia possuem, intrinsecamente, uma relevância global: a devastação da Amazônia possui impactos planetários tanto quanto a edição de bebês geneticamente modificados (REGALADO, 2019). Devido ao seu alto valor econômico, às grandes transformações que traz para a sociabilidade e ao seu potencial militar, a biotecnologia é cada vez mais tema estruturante da governança global. Não se trata, porém, apenas de poder econômico, mas também geopolítico. Como notaram Weinland e Bland (2017) no *Financial Times*: a capacidade biotecnológica chinesa tem causado preocupação em Washington especialmente ao que concerne à capacidade de produção de bioarmas e à soberania do capital genético, reforçando argumentos na capital estadunidense de limitar o envio de amostras para o exterior.

Faz-se, então, cada vez mais necessário, refletir sobre quais as melhores estratégias teóricas e aplicadas para se discutir políticas públicas no Brasil tendo em consideração uma abordagem global do assunto. Para isso, discute-se aqui a diversificação dos sistemas de criação de conhecimento em genética e apontamos as diferentes capacidades nacionais de transformação dos recursos naturais genéticos. Em seguida, explora-se as visões de Latour e Bourdieu sobre a ciência e argumenta-se pela necessidade do diálogo com os setores amplos da sociedade.

2 HETEROGENEIZAÇÃO DA GOVERNANÇA

Gottweis (2005), ao discutir o tema da governança global em genética, lembra da célebre declaração que James Watson fez ao receber o Nobel pela descoberta da hélice dupla do DNA: seu trabalho era tão revolucionário quanto a imprensa de Gutenberg. Ao fazer um prognóstico sobre a governança global genômica sobre os paradigmas do risco e da incerteza, Gottweis aponta para uma heterogeneização dos atores e sistemas de

criação de conhecimento em genética (GOTTWEIS, 2005:175). Sua análise nota a relevância do Estado nacional na liderança do processo, ao mesmo tempo em que prevê um deslocamento dos princípios de risco para os de incerteza. Nesta última, predominam, diz, as emoções, os valores e a genuinidade como características importantes que precisam ser levadas em consideração para o ordenamento político e científico.

“The integration of genomics into society is achieved through technologies of risk and technologies of uncertainty. Genomics links with society through in a variety of ways, of which the management of body risks through genetic technologies assumes central strategic importance. Genomic governance also involves the spread of a variety of deliberative institutions that serve to reflect on the implications of genetic research. The state continues to assume considerable responsibility for these regulatory strategies” (GOTTWEIS, 2005:191).

Esse padrão de heterogeneização estaria em parte associado ao acesso dos pacientes ao poder decisório por novos tratamentos, algo que amplia a demanda por inovações. No caso da heterogeneização da governança, Gottweis indica que mesmo entre países pioneiros da pesquisa genética, como Estados Unidos e os países europeus, há fragmentação dos modelos jurídicos. A diferenciação abarca desde o patenteamento de genes humano até os próprios entendimentos sobre se uma pessoa é um cidadão detentor de direitos ou um indivíduo comprando serviços. Com a entrada de novos atores na indústria, especialmente na Ásia, a questão da governança tende a se complexificar ainda mais (CYRANOSKI, 2016). Um exemplo é a “Open Biodiversity and Health Big Data Initiative - BHBD”, uma iniciativa da União Internacional de Ciências Biológicas encabeçada pela Academia Chinesa de Ciências e pelo Banco Nacional de Genoma da China. Entre os países membros do banco de dados genético estão o Paquistão, a Arábia Saudita e a Tailândia.

3 EPIDEMIOLOGIA ECONÔMICA

O BHBD se soma a uma grande lista de acordos binacionais, multilaterais ou regionais que proliferaram nos últimos anos. Parte do debate é quais desses novos acordos apresentaram regras aplicáveis a todos os países, ou se tais regras ficarão circunscritas aos atores participantes dos acordos. Esses novos arranjos vêm apenas para complexificar e heterogeneizar as regras em vigência, ou para substituí-las? Independentemente da resposta, nota-se as sobreposições ou conflitos entre os diferentes padrões de governança.

À questão do risco, então, se somam conflitos de poder sobre o estabelecimento dos padrões aceitáveis de produção científica. Num estudo mais recente, Rabitz (2017) explora a governança global da genética levando em conta novos atores e fazendo uma retrospectiva dos últimos anos de casos relevantes. Seu corte analítico trata das mudanças institucionais e dos regimes de complexidade, com ênfase para os recursos genéticos marinhos, virais e agrícolas.

Rabitz descreve os recursos genéticos em tipos como a) *in situ* (na natureza) b) *in vitro* (no laboratório) e *in silico* (digitalizados) e divide a biotecnologia em agricultura, farmacêutica e processos industriais.

“Modern biotechnology makes use of genetic resources in four different ways. The *in situ* utilization of genetic resources entails the direct extraction of interesting biochemical compounds from, for instance, plants occurring in the wild. *Ex situ* genetic resources have been removed from their natural environment and are being conserved for varying periods of time in gene banks, frequently offering elaborate catalogs for allowing users to search in a targeted way for interesting materials. *In vitro* utilization uses isolated and modified components of an organism for synthesizing useful proteins; finally, *in silico* utilization pertains not to the use of physical materials, but merely their genetic sequence data, for instance to synthesize novel micro-organisms from an organic components.” (RABITZ 2017:29 - 30).

Apesar de Rabitz separar as amostras *ex-situ* das *in vitro*, aqui consideram-se apenas *in situ*, *in silico* e *in vitro*. Isso porque a questão do armazenamento de amostras, argumenta-se aqui, faz parte da dinâmica *in vitro*. Isso se deve ao fato de a armazenagem estar associada à infraestrutura laboratorial. Outro motivo é simplificar a taxonomia: *in situ* está na natureza, *in situ* num regime biológico laboratorial e *in silico* com as características próprias de artefatos digitais. Sobre esses últimos, Kallinikos et al (2012) tratam de suas propriedades a partir de uma vasta bibliografia de filiações conceituais. Aqui, de forma limitada, podem ser descritos como artefatos não-concorrentes de informação codificada com distribuição limitada pela capacidade computacional requerida para processá-los. A transmutação entre *in vitro*, *in silico* e *in situ* se dá em diferentes direções. No caso hipotético de um animal sintetizado, o caminho seria do *in silico* para o *in vitro* e, se reintroduzido no ambiente, para o *in situ*.

Grosso modo, recursos naturais genéticos são unidades funcionais de hereditariedade que possuem um valor atual ou potencial. Eles são distinguidos entre humanos e não-humanos. Há debates sobre como tratar vírus como recursos de jurisdição soberana do Estado ou como recursos genéticos humanos. Fosse uma amostra puramente

não-humana, um mecanismo internacional de compartilhamento de benefícios poderia ser estabelecido nos moldes do protocolo de Nagoya da Convenção da Diversidade Biológica (CBD). Embora não conte com o apoio estadunidense, CBD é resultado de amplas discussões da comunidade internacional, com especial protagonismo de países de alta diversidade biológica que se viam vítimas de biopirataria.

Mesmo nestes casos, pode haver grandes perdas para os países detentores dos recursos, também chamados originários, pelo fato de a produção de valor agregado estar tradicionalmente onde já há capital investido - laboratórios, equipamentos etc. Assim, como tende a ocorrer em outras áreas do sistema internacional, poucos países conseguem transformar recursos naturais genéticos oriundos de seus territórios em retornos econômicos. No caso de material não humano, a diferença de desenvolvimento tecnológico não implica, necessariamente, riscos. Isso porque a não-utilização de determinada planta com poderes terapêuticos, ou de determinado material biotecnológico, representa apenas um prejuízo de custo econômico para empresas ou países. Temas que envolvam a saúde humana, porém, muitas vezes não podem esperar.

No caso de uma epidemia de influenza, por exemplo, países atingidos devem enviar amostras para laboratórios especificados pela Organização Mundial de Saúde a fim de que uma grande pandemia mundial seja evitada. Se no caso da biodiversidade já há perdas em potencial, no caso dos vírus que provocam epidemias as lógicas de produção são ainda mais fortemente afetadas. Isso ocorre por dois motivos: 1) há uma garantia em potencial da demanda por parte do país atingido 2) os recursos naturais (o sangue e o vírus, por exemplo) também vieram do país atingido fazendo, assim, ao menos hipoteticamente, parte do valor final agregado do que quer que seja produzido com eles.

Sob premissas semelhantes, em 2007, a Indonésia negou o envio de amostras *in vitro* para a Organização Mundial de Saúde, afirmando que o mecanismo não oferecia retornos adequados. Paralelamente, o país liberou o acesso aos dados genéticos (*in silico*), no que foi seguido por outros países. Hameiri (2014) discute mais especificamente o caso dentro do debate sobre mudanças na ordem westphaliana ao discutir os aspectos de “soberania” dos vírus. Hameiri entende que o governo indonésio teria se beneficiado do tema da segurança e da soberania, voltados para o público interno, e obtido recursos internacionais “substanciais” de 130 milhões de dólares (HAMEIRI, 2014:338). O autor classifica como “inclinação para teorias conspiratórias” a justificativa de neo-

colonialismo levantada pelo governo indonésio para o não envio das amostras (HAMEIRI, 2014:345). As reais consequências das decisões indonésias, especialmente para o sistema de saúde do país, merecem uma análise mais aprofundada em separado. Essa investigação deve ser feita levando em consideração o argumento de que soluções epidemiológicas de longo prazo podem ser constrangidas na sua produção, diante do arcabouço jurídico das patentes, ou em seu consumo, dada as flutuações nos preços das vacinas. Isso porque, independentemente de disputas patentárias ou de outra ordem legal, o produto, como uma vacina, passa a se beneficiar dessa demanda esperada.

Diferenças no poder de compra das moedas nacionais agravarão ainda mais o acesso. No caso da produção de uma vacina, então, vê-se evidenciada a tensão clássica do desenvolvimento: países com capacidade de transformar recursos naturais em capital investido, ou tecnologicamente desenvolvidos, e países com limitações para realizar essa transformação. O regime patentário torna ainda mais complexa a equação. O sistema permite, por exemplo, que o produto de um determinado recurso genético possa ser proibido de ser vendido para um terceiro país, mesmo que o produtor seja também o país originário do recurso e que tenha desenvolvido o produto de forma independente.

Fica claro que a governança da genética é fortemente marcada pela ordem econômica, mesmo em casos em que a coordenação global está constituída por sólidas instituições internacionais. Entre elas a Organização Mundial de Saúde, o regime patentário e os modelos de investimento. Exige-se assim, um duplo olhar sobre as políticas de colaboração internacional e as políticas de formação de capital investido em tecnologia.

O debate sobre a governança da biotecnologia, porém, traz questões sociológicas e éticas que vão muito além da mera troca de mercadorias, exigindo-se assim tratamento sociológico em separado.

4 HUMANIDADE E NATUREZA

A biotecnologia se diferencia de outras indústrias, por exemplo, por ser largamente marcada por discussões éticas, epistemológicas e ontológicas que são tema tanto de pesquisa aplicada das ciências sociais e biológicas quanto parte do debate mais amplo na sociedade. Esses temas não são discutidos apenas pelos códigos da linguagem acadêmica e científica e variam de acordo com diversas culturas. Apesar do apontamento de Gottweis

(2005) para uma heteroginização da governança, aqui a análise se limita ao escopo da sociologia da ciência ocidental e deixaremos as questões éticas para uma outra oportunidade.

Nota-se, a partir deste campo, o crescente uso, pelas ciências sociais, de categorias explicativas da biologia, demonstrando a importância das ciências da vida no atual debate ontológico e epistemológico. Darwin (1859, 2004) certamente é o mais lembrado, mas conceitos como bioética, biopolítica e biopoder demonstram a relevância da vida biológica no debate conceitual. A discussão na biologia caminha, grosso modo, de forma relativamente autônoma, mas não independente do deslocamento ontológico de um realismo determinístico do real físico para um construtivismo das cognições sensoriais biológicas. Permanecem, entretanto, distintas conceptualizações teleológicas da fenomenologia biológica e das ciências sociais (KINKAID, 2008:599). Tal debate vai ser atravessado por propostas diferentes do entendimento de fenômenos: se possuem uma função a priori que explica uma relação causal ou devem ser vistos a posteriori, como um conjunto de correlações passadas.

Numa exploração inicial de uma ontologia da biologia, trazemos a discussão de Varela que, após uma longa trajetória no desenvolvimento do conceito de autopoiesis com Maturana (1984), re-discute sua ontologia à luz de Kant (VARELA e WEEBER, 2002). A vida individual, conclui, é “auto-organizativa” em interrelacionalidade dialética com o meio. Na leitura de Varela e Weeber; Kant, Darwin e Hans Jonas defendem uma teleologia intrínseca dos seres biológicos, pois, segundo Jonas, a vida “diz sim para si mesma” (Jonas apud Varela e Weeber, 2002).

O limite entre o que é meio e o que é a vida individual, entretanto, continua confuso, indicando uma fissão entre uma ontologia da biologia e uma ontologia da física. Assim, a relação ontológica entre um meio físico artificial (produzido por pessoas) e um modo físico natural (alheio à existência humana) permanece em debate. Filósofo da tecnologia, McLuhan (1964) propõe que definamos nossa realidade como intensamente tecnológica; para ele, estamos produzindo nosso próprio ambiente “feito pelo homem”. Não se trata, claramente, apenas dos ambientes artificiais das cidades, mas também da crescente interação entre o biológico e o tecnológico como categorias indissociáveis. Para ele, o informacional e o genético se transmutam assim como o enxerto de tecidos e a

prótese se confundem. Quão mais natural é um óculos de grau do que uma edição genética que resolva a miopia?

Latour e Woolgar (1978) dão sequência a essa posição de indissociação, falando das redes entre atores (vivos ou não vivos), com ênfase na realidade situada no laboratório. Em contrapartida, Bourdieu discute sua sociologia dos usos da ciência colocando-a como um campo específico do conhecimento com práticas e capitais próprios. Seja uma “teocracia epistemocrática” ou não (BOURDIEU, 1997:40), o campo científico será igualmente marcado pelo poder simbólico que legitima a ordem socialmente aceita (BOURDIEU, 1990:170). De fato, ambos os autores franceses afirmam ter “teorizado com sucesso como a ciência é tanto social quanto capaz de construir verdades” (KALELOSTUVALI, 2015:5). Uma distinção importante, nota Kale-Lostuvali, é que enquanto Bourdieu analisa a produção das verdades científicas a partir da autonomia relativa do campo científico, Latour vê composição de pessoas e objetos. O primeiro dá ênfase nas especificidades, enquanto o segundo, nas traduções.

“In the final analysis, both theories are weakened by their a priori assumptions. Bourdieu’s sociology of truth is too dependent on his epistemology—the argument that knowledge produced in relatively autonomous scientific fields is trans-historical is still an epistemological assumption. Latour’s sociology of truth is too dependent on his ontology, which does not allow us to perceive or track any distinctions, boundaries or power differentials. (...) it was precisely because they embraced oppositional ontological and epistemological assumptions, and because they pushed these assumptions as far as possible that comparing Bourdieu and Latour was worthwhile. Compared side-by-side, these two sociologies of truth produce a useful map for thinking about how to better theorize the embeddedness of Science” (KALE-LOSTUVALI, 2015:19).

Collins e Evans (2002) tratam do debate da legitimidade da ciência de forma mais aplicada ao chamarem por uma terceira onda dos estudos sociais da ciência. Eles propõem que se leve em consideração as incertezas e expectativas tanto dos especialistas quanto do público em geral. Os dois, porém, podem ser criticados por uma visão eurocêntrica da ciência quando confundem “ciência ocidental” com ciência (página 243). Entretanto, ambos contribuem ao debate entre consensuação e tradução de conhecimentos ao definir que o saber do especialista não é delegável, do ponto de vista da representação. A representação do cientista esotérico, como definem os campos “duros” da ciência, se dá na ação, pois suas habilidades não podem ser reproduzidas por intermediários.

Apesar das divergências entre Latour e Bourdieu, parece aceitável assumir que o primeiro seria especialmente útil na análise das redes de especialistas, enquanto o segundo poderia agregar na compreensão mais ampla das transformações simbólicas.

5 EPISTEMOLOGIAS CÍVICAS

Quais os limites explicativos entre o jogo físico-químico da causalidade molecular dos ácidos nucleicos e as características político ideológicas que são definidoras de sociabilidades? (Hatemi e Mcdermott, 2012). Dentro da própria célula, como se dá essa causalidade? Ela é tão clara ou se trata de um arranjo muito mais complexo de redes químicas? (BARABÁSI et al, 2011). Qual a influência do método em ambos os resultados e como essas incertezas devem ser tratadas simbolicamente? Charney (2008) considera que o debate aponta para nossas noções de dissociação entre o natural e o cultural e a própria conceptualização do que nos faz humanos.

Rose, ao se pronunciar sobre o determinismo genético e a epigenética, opta por ver a biologia como oportunidade, sendo o corpo biológico uma estrutura maleável para as construções sociais:

“Este é o primeiro ponto e eu acho que é possível se ver um afastamento da ‘biologia como destino’ na direção de uma ‘biologia como oportunidade’ em toda uma série de outras áreas. Por exemplo, nos argumentos em torno das células-tronco, nos argumentos em torno do transplante de órgãos, da modulação das capacidades reprodutivas por toda sorte de tecnologias e assim por diante”. (ROSE apud CARVALHO e TEIXEIRA, 2017: 222)

Acero (2010, 2011) enfatiza uma “epistemologia cívica” que leve em consideração “as mudanças de retórica de diferentes atores” que se manifestam com “características específicas em países diferentes” (2010). Ela explica assim o conceito:

“Com este termo Jasanoff (2005:127) define as múltiplas formas nas quais o conhecimento é produzido, apresentado, testado, verificado e utilizado no domínio público; conhecimento que é contextual e histórico e varia segundo os estilos dominantes de gerar conhecimento público, os métodos para dar transparência às políticas públicas; as práticas de demonstração pública; as definições sociais acerca da objetividade do conhecimento e as formas de reconhecimento e aceitação social do conhecimento especializado.” (ACERO, 2010:881-882)

Os países, explica Acero, necessitam de recursos institucionais para dar uma resposta social ao debate ontológico. A autora faz um estudo comparado do debate público

sobre células-tronco no Brasil e no Reino Unido. Da mesma forma que no caso da produção de vacinas - onde há uma diferença industrial entre os países -, as capacidades institucionais para desenvolver a epistemologia cívica também variam. “Os padrões cooperam para conduzir a inovação global numa certa direção: atuando como protocolos dos laboratórios, colaborando na sua organização e acomodando certa diversidade local”. (ACERO, 2011:48). Tanto no caso das células-tronco, como no caso das vacinas, nota-se que a centralidade na coordenação de padrões laboratoriais pode gerar uma “irreversibilidade no caminho da inovação” (Latour apud Acero, 2011).

6 CONCLUSÃO

Este trabalho aponta para a construção de prioridades e categorias de análise para a formulação de políticas públicas no campo da biotecnologia. Gottweis (2005), ao fazer um prognóstico sobre a governança genômica global sobre os paradigmas do risco e da incerteza, aponta para uma diversificação no sistema de quem produz e de como é produzido o conhecimento no setor. No caso da heterogeneização da governança, notamos que mesmo sistemas próximos e com intensa colaboração na pesquisa genética, como o europeu e o estadunidense, apresentam diferentes modelos jurídicos. Com a entrada de novos atores na indústria, especialmente países da Ásia, a questão da governança tende a se complexificar ainda mais.

Por sua vez, Rabitz (2017) explora a governança global da genética apresentando novos atores e fazendo uma retrospectiva de casos relevantes na agricultura, na medicina e na preservação ambiental. Seu corte analítico trata das mudanças institucionais e dos regimes de complexidade de risco e incerteza. O autor descreve os recursos genéticos em três tipos: a) *in situ* (na natureza) b) *in vitro* (no laboratório) e *in silico* (digitalizados). Essas categorias são sugeridas também para tratar economicamente da biotecnologia em diferentes indústrias como a da agricultura, a farmacêutica e a de insumos industriais. E as amostras podem ser humanas e não humanas. Rabitz (2017) e Hameiri (2014) trazem o exemplo da Indonésia em 2007. O país limitou o envio das amostras do vírus H1N1 explicitamente em defesa dos interesses comerciais de suas empresas farmacêuticas estatais, visando o desenvolvimento local. O debate gerado pela decisão indonésia pode ser entendido como uma inserção da agregação de valor dos recursos *in vitro* na função

geral econômica da colaboração global epidemiológica. As vantagens e desvantagens desse arranjo epidemiológicoeconômico merecem um debate interdisciplinar próprio.

No caso do debate interdisciplinar mais amplo, nota-se o uso crescente de conceitos como bioética, biopolítica e biopoder, como exemplos da relevância da vida biológica no debate ontológico e epistemológico. Para além do caso de epidemias de vírus, tem-se nessa discussão uma ampla gama de transformações que nascem da editabilidade genética e do avanço tecnológico. Os exemplos estão nas linhas que separam o informacional e o genético e o enxerto de tecidos e a prótese. De forma interdisciplinar, questiona-se o limite entre o que é meio e o que é a vida individual, se há uma ontologia da biologia e uma ontologia da física e quais as dissociações entre o biológico e o tecnológico. Latour (1978) aprofunda a ideia de indissociação e sua ênfase na realidade situada no laboratório pode ser útil para a análise dos processos entre o *in situ*, *in vitro* e o *in silico*.

Em contrapartida, Bourdieu (1997) aborda a ciência como um campo específico do conhecimento, com práticas e capitais próprios; e defende que este campo está inserido na ordem socialmente aceita e por isso é marcado pelo poder simbólico que a legitima.

Nesse sentido, Latour e Bourdieu têm em comum a defesa da ciência como sendo tanto social quanto capaz de construir verdades (Kale-Lostuvali: 2015, pg 5). Para Collins e Evans (2002) a tensão entre, de um lado, um construtivismo horizontal sem expertise do público em geral e, de outro, um esoterismo de difícil traduzibilidade da especialidade científica deve ser operada levando em consideração as incertezas de ambos. Acero (2010, 2011), por sua vez, enfatiza uma “epistemologia cívica” que leve em consideração “as mudanças de retórica de diferentes atores” que se manifestam com “características específicas em países diferentes” (2010). Os países, explica Acero, necessitam de recursos institucionais para dar uma resposta social às novidades ontológicas. Da mesma forma que no caso da produção de vacinas - onde há uma diferença industrial entre os países - as capacidades institucionais para desenvolver a epistemologia cívica também variam.

A partir desse debate, sugere-se aqui uma proposta de matriz para a análise de políticas de biotecnologia que incorpora cinco prioridades de políticas associadas às três categorias de recursos genéticos discutidas.

As prioridades gerais dizem respeito: 1) à heterogeneização da governança, com entrada de novos atores e as oportunidades para a colaboração internacional e as políticas

de investimento tecnológico. 2) ao entrelaçamento epidemiológico-econômico da produção e geração de valor das amostras em casos aplicados.

3) às capacidades laboratoriais onde a ciência é situada - e, supõe-se, o salto tecnológico de amostra para produto é dado 4) ao poder simbólico que legitima a produção da ordem social e da ciência 5) à demanda institucional para analisar as incertezas e oferecer as respostas necessárias.

Quadro 1: Proposta de matriz de análise de indústria de biotecnologia

	In Situ	In Vitro	In silico
Heterogeneização da governança, regimes jurídicos e novos atores			
Produção e geração de valor em casos aplicados			
A formulação das redes de laboratórios onde a ciência está sendo ou pode vir a ser situada			
As forças simbólicas que governam a legitimidade da ciência em nível global e local			
A demanda institucional para a análise das incertezas e para respostas ontológicas a nível nacional			

As categorias, por sua vez, são: 1) in situ: o material que está disponível no ambiente, nas cidades e no espaço em geral. 2) in vitro, o que existe como um material laboratorial dentro de um ambiente humanamente construído para investigação e arquivagem. 3) in silico, disponível como bens não-concorrentes de informação codificada de distribuição virtualmente ilimitada.

A partir da discussão acima, identificamos mudanças dentro de uma mesma prioridade de análise, como a governança dos regimes jurídicos. O quadro legal, por exemplo, pode ser completamente alterado apenas com a transformação de um único filamento genético de seu estado em natureza até sua disponibilidade online. A legislação local, os padrões laboratoriais e os direitos de propriedade vão ser diferentes para as distintas categorias. Neste caso, as relações econômicas talvez sejam mais difíceis de serem identificadas, pois as formações de preço no cálculo de uma cadeia de valor são diferentes dos riscos econômicos de uma epidemia. Entretanto, o cálculo para a construção de redes laboratoriais para processos in vitro é razoavelmente simples,

dependendo mais de modelos de financiamento para o investimento nas máquinas nos programas de pesquisa.

São, finalmente, exemplos que precisam ser pensados na formulação de políticas públicas para o campo de biotecnologia e que exigem mais trabalho aplicado para seu uso em menor e maior escala.

REFERENCIAS

AHRWEILER, P; KEANE, M. T. Innovation Networks. *Mind & Society*, 12, pp. 73-90, 2013.

BECKER, M. Sociometric Location and Innovativeness. *American Sociological Review*, 35 (April):

267-82, 1970.

CASTRO, A.C. Políticas De Inovação E Capacidades Estatais Comparadas: Brasil, China E

Argentina In: Gomida, A.A.; Boschi, R.R. (org.) Capacidades Estatais em Países Emergentes: o Brasil em Perspectiva Comparada. 2016

Charney, E. (2008) Genes and ideologies. *Perspect. Polit.* 6, 299–319

CHEN, Jin. China in Mao Zedong's Era. *Understanding China series*. Pequim: Foreign Language Press, 2018.

CYRANOSKI, D. "China's Bid to Be a DNA Superpower," *Nature* 534, no. 7608, 462-463, 2016.

DAINIAN, F.; COHEN, R. Chinese Studies In the History of Science and Technology. *Boston Studies in Philosophy of Science and Tecnology*. Vol 179, 1996.

FREEMAN, C. & PEREZ, C. Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment

Behavior. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G. & Soete, L. (eds.). *Technical Change ana Economic Theory*. Londres: Pinter. 1988

EVANS, P. Além da "Monocultura Institucional": instituições, capacidades e o desenvolvimento deliberativo. *Sociologias*, (9), 20-63. (2003)

GRANOVETTER, M. The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 78 (6), May, p. 1360-1380, 1973.

INNIS, H. The bias of communication. Toronto: University of Toronto Press. 2008, 2nd ed. **KUHN, T.S.** The structure of scientific revolutions. Chicago: University of Chicago Press 1970, 2nd ed.

JAGUARIBE, Ana. Capacidades Estatais Comparadas: A China E A Reforma Do Sistema Nacional

De Inovação. In: Gomida, A.A.; Boschi, R.R. (org.) Capacidades Estatais em Países Emergentes: o Brasil em Perspectiva Comparada. 2016

LABIANCA, G. e BRASS, D. Exploring The Social Ledger: Negative Relationships And Negative Asymmetry In Social Networks In Organizations. *The Academy of Management Review*, Vol. 31, No. 3, 596–614, 2006.

LA ROVERE, R.L. Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas. In: Pelaez, V.; Szmrecsanyi, T. (orgs.) *Economia da Inovação Tecnológica*. São Paulo: Hucitec, 2006.

LA ROVERE, R.L.; MELO, L.J. Science parks and their role in the innovation process: a literature review for the analysis of science parks as catalysts of organizational networks. In: NOBRE, F; WALKER, D; HARRIS, R. (orgs), *Technological, Managerial and Organizational Core Competencies: Dynamic Innovation and Sustainable Development*. Hershey, U.S.A: IGI Global, 2012.

WEN, Y. (2015). *The Making of an Economic Superpower — Unlocking China’s Secret of Rapid*

Industrialization. Research Division Federal Reserve Bank of St. Louis. June. Working Paper 2015006B <http://research.stlouisfed.org/wp/2015/2015-006.pdf>

MAIA, L. F. M. P. et al. Colaborações científicas em Zika: identificação dos principais grupos e pesquisadores através da análise de redes sociais. *Cad. Saúde Pública* vol.35, no.3, 2019.

MALERBA, F; MCKELVEY, M. Knowledge-intensive innovative entrepreneurship integrating

Schumpeter, evolutionary economics, and innovation systems. *Small Business Economics*, 3 May 2018. <https://doi.org/10.1007/s11187-018-0060-2>

MAZZUCATTO, M. *The Entrepreneurial State*. London: Demos, 2011.

MAZZUCATTO, M; PENNA, C. *The Brazilian Innovation System: A Mission-Oriented Policy Proposal*. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016. Disponível em:

<https://marianamazucato.com/wp-content/uploads/2016/03/Full-Report-The-BrazilianInnovation-System-CGEE-Mazzucato-and-Penna.pdf>

MCLUHAN, M. *Understanding Media: The Extensions of Man*. London: Routledge & Kegan, 1964. **MOREL, C.M.; ACHARYA, T.; BROUN, D.; DANGI, A.; ELIAS, C.; GANGULY, N.K., et al.** Health innovation networks to help developing countries address neglected diseases. *Science*. 309(5733):401–404, 2005.

NATURE. Physics, life sciences, genetics: three big players and their top partners. *Nature*, 575, S28-S29, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03542-z> **NELSON, R.** *Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory*.

Oxford Development Studies, Volume 36, 2008. <https://doi.org/10.1080/13600810701848037> **OZAWA, T.** (2003). *Pax Americana-led*

macro-clustering and flying-geese-style catch-up in East Asia: Mechanisms of regionalized endogenous growth. *Journal of Asian Economics*, 13(6), 699713.

NIH, National Human Genome Research Institute (2016). The Cost of Sequencing a Human Genome. Disponível em <https://www.genome.gov/27565109/the-cost-of-sequencing-a-human-genome/>

NORMILE, D. China's Sequencing Powerhouse Comes of Age. *Science*, 335(6068), 516–519, 2012. **PÉREZ, C.** El cambio de paradigma en las empresas como proceso de cambio cultural. In Casas et al. (org.) *Acumulación de capacidades tecnológicas, aprendizaje y cooperación en la esfera global y local*. México: UAM, 2007.

PORTIN, P. The development of genetics in the light of Thomas Kuhn's theory of scientific revolutions. *Recent Adv. DNA Gene Seq.* 9: 14-25. 2015

SALTER, B. State Strategies and the Geopolitics of the Global Knowledge Economy: China, India and the Case of Regenerative Medicine. *Geopolitics*, 14:1, 47-78, 2009.

SANT'ANA, P. J. P; AUCÉLIO, J.G. Trinta anos de políticas públicas no Brasil para a área de biotecnologia. *Parceria Estratégicas*, Vol 11, número 23, 2006.

SOUZA, R.; MARINHO, DS.; MOREL, CM. Multi-user equipment, core-facilities and technological platforms: the evolution of organizational strategies for translational health research. *RECIIS – R.*

Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde. Rio de Janeiro, v.6, n.3, Set., 2012. Disponível em <https://www.>

[reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/511/1158](https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/511/1158)

STEPHENS Z.D, LEE S.Y., FAGHRIF., CAMPBELL R.H., ZHAI C, EFRON M.J., et al. Big Data: Astronomical or Genomical? *PLoS Biol* 13(7): e1002195. 2015

TAN, R. Meet China's First Biotech Unicorn. *Asian Scientist*. July 2019. Disponível em [https:// www.asianscientist.com/2016/07/print/meet-chinas-first-biotech-unicorn-wang-jun-icarbonxbgi/](https://www.asianscientist.com/2016/07/print/meet-chinas-first-biotech-unicorn-wang-jun-icarbonxbgi/)

VASCONCELLOS, A.G.; FONSECA E FONSECA, B.P.; MOREL, C.M. Revisiting the concept of Innovative Developing Countries (IDCs) for its relevance to health innovation and neglected tropical diseases and for the prevention and control of epidemics. *PLOS Negl Trop Dis*, 12(7), 2018.

WIPO (World Intellectual Property). WIPO Facts and Figures: Total applications and growth in applications; 2016. Disponível em: <http://www.wipo.int/edocs/infogdocs/en/ipfactsandfigures2016/index.html>.

ZHANG, X. Being the Pioneer of Life Sciences in China: Introduction to Beijing Genomics Institute. *China in Mao Zedong's Era. Understanding China series*, 2(1), 59–63, 2004.