



REFLEXÕES SOBRE SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS DE ENGENHARIA: O CASO
DA MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AVIAÇÃO

Felipe Gonzalez Gonzaga

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Rio de Janeiro

Março de 2017

REFLEXÕES SOBRE SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS DE ENGENHARIA: O CASO
DA MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AVIAÇÃO

Felipe Gonzalez Gonzaga

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Profª. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

Prof. Elton Fernandes, Ph.D.

Prof. Ilton Curty Leal Junior, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2017

Gonzaga, Felipe Gonzalez

Reflexões sobre sistemas sociotécnicos de engenharia:
o caso da mitigação de gases de efeito estufa na aviação/
Felipe Gonzalez Gonzaga. – Rio de Janeiro:
UFRJ/COPPE, 2017.

XI, 106 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Suzana Kahn Ribeiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de
Engenharia de Transportes, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 97-106.

1. Políticas públicas. 2. Mitigação. 3. Gases de efeito
estufa. 4. Transporte aéreo. 5. Sistemas de engenharia. I.
Ribeiro, Suzana Kahn. II. Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes.
III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmã. À minha esposa. Às minhas filhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Suzana Kahn, pelo seu apoio e por seus sempre relevantes conselhos.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

REFLEXÕES SOBRE SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS DE ENGENHARIA: O CASO DA MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AVIAÇÃO

Felipe Gonzalez Gonzaga

Março/2017

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

As partes que discutem internacionalmente a adoção de políticas públicas de redução da emissão de gases de efeito estufa encontram dificuldade em atingir o consenso. A tomada de decisão sobre políticas públicas encontra-se na interface entre o campo técnico e o campo político e uma abordagem científica multidisciplinar contribuiria para resolver impasses. Como a redução nas emissões de gases de efeito estufa nos transportes depende de uma evolução das tecnologias existentes, um estudo sobre esta evolução é necessário para tomada de decisão, na medida em que permite compreender os mecanismos pelos quais políticas públicas podem influenciar o desenvolvimento tecnológico. Por outro lado, a decisão sobre políticas públicas é um ato essencialmente político e é fundamental discutir o papel político, moral e ético representado pela tecnologia. Por isso, no presente trabalho foram avaliadas alternativas de políticas públicas para mitigação das emissões no transporte aéreo, considerando como aquelas influenciam a evolução tecnológica e como a tecnologia influencia sua adoção. Inicia-se com o estudo de sistemas sociotécnicos de engenharia e de formas de lidar com sua inerente complexidade. Passa-se a buscar uma forma de modelar a evolução e o ciclo de vida das tecnologias. Avalia-se o modo de operação de políticas públicas e o seu relacionamento com tecnologias. Por fim, propõe-se um modelo de avaliação e realiza-se sua aplicação em propostas de políticas públicas selecionadas.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

REFLECTIONS ON SOCIOTECHNICAL ENGINEERING SYSTEMS: THE CASE
OF THE MITIGATION OF GREENHOUSE GASES EFFECTS ON AVIATION

Felipe Gonzalez Gonzaga

March/2017

Advisor: Suzana Kahn Ribeiro

Department: Transportation Engineering

International discussions on the adoption of public policies to reduce the emission of greenhouse gases are difficult to reach consensus. Public policy decision-making is at the interface between the technical field and the political field and a multidisciplinary scientific approach would help to resolve impasses. As the reduction in greenhouse gas emissions in transport depends on an evolution of the existing technologies, a study on the evolution of technology is necessary for decision making, as it allows to understand the mechanisms by which public policies can influence technological development. On the other hand, the decision on public policies is an essentially political act and it is fundamental to discuss the political, moral and ethical role played by technology. Therefore, the present work intends to evaluate alternatives of public policies for mitigation of emissions in air transport, considering how the public policies influence the technological evolution and how the technology influences the adoption of public policies. It begins with the study of sociotechnical engineering systems and ways of dealing with its inherent complexity. Then it looks for a way to model the evolution and the life cycle of technologies. The mode of operation of public policies and their relationship with technologies is evaluated. Finally, a simple evaluation model is proposed and it is applied in selected public policy proposals.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	3
1.3. OBJETIVO DO ESTUDO	7
1.4. OBJETO E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	7
1.5. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	9
1.6. MÉTODO DE PESQUISA	10
1.7. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	10
2. SISTEMAS DE ENGENHARIA	11
2.1. O PAPEL DA TECNOLOGIA NA SOCIEDADE	11
2.2. O QUE SÃO SISTEMAS DE ENGENHARIA	14
2.2.1. ARTEFATOS COMPLEXOS	14
2.2.2. SISTEMAS INTERLIGADOS	15
2.2.3. SISTEMAS DE ENGENHARIA	17
2.3. ABORDANDO SISTEMAS DE ENGENHARIA	18
2.3.1. PENSAMENTO SISTÊMICO	18
2.3.2. SISTEMAS CAÓTICOS	20
2.3.3. MUDANÇA DE PERSPECTIVA	21
2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	22
3. TECNOLOGIA	23
3.1. PRINCÍPIOS TECNOLÓGICOS	23
3.1.1. APODERAMENTO FENOMENOLÓGICO	23
3.1.2. COMBINAÇÃO E RECURSIVIDADE	24
3.1.3. RESULTADO: METABOLISMO	24
3.2. REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE INOVAÇÃO	25
3.2.1. FENÔMENOS PREVISÍVEIS	25
3.2.2. A LINGUAGEM MATEMÁTICA	26
3.2.3. A MATEMÁTICA DA COMPUTAÇÃO	26
3.3. A INOVAÇÃO ENQUANTO EVOLUÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	27
3.3.1. A INOVAÇÃO ENQUANTO TENTATIVA E ERRO (EVOLUÇÃO)	27
3.3.2. O PROPÓSITO COMO RESULTADO DO PROCESSO DE SELEÇÃO	28
3.3.3. A EVOLUÇÃO REPRESENTADA COMO UMA COMPUTAÇÃO	30
3.4. CICLO DE VIDA TECNOLÓGICO	32
3.4.1. INOVAÇÃO	32
3.4.2. ADOÇÃO E DIFUSÃO	36
3.4.3. APROFUNDAMENTO ESTRUTURAL	37
3.4.4. DECADÊNCIA E SUBSTITUIÇÃO	37
3.5. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	38
3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	39
4. POLÍTICAS PÚBLICAS	40
4.1. DESENVOLVIMENTO POLÍTICO	40
4.1.1. EVOLUÇÃO CULTURAL	40
4.1.2. HISTÓRIA SOCIAL	42
4.2. O ESTADO	43
4.2.1. PODER DE COERÇÃO	43
4.2.2. O PRIMADO DA LEI	45
4.2.3. RESPONSABILIDADE E JUSTIÇA	45
4.2.4. O ESTADO MODERNO	47

4.3.	POLÍTICAS PÚBLICAS	47
4.3.1.	<i>REGULAÇÃO</i>	47
4.3.2.	<i>TEORIA DA CAPTURA</i>	49
4.3.3.	<i>O QUE SÃO POLÍTICAS PÚBLICAS</i>	50
4.3.4.	<i>PREVENINDO A CAÇA AOS NÍQUEIS</i>	53
4.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	55
5.	HEURÍSTICAS E MORALIDADE	57
5.1.	HEURÍSTICAS	57
5.1.1.	<i>EMOÇÕES E OS LIMITES DA RACIONALIDADE</i>	57
5.1.2.	<i>LIMITES DA RACIONALIDADE NAS POLÍTICAS PÚBLICAS</i>	59
5.1.3.	<i>VALORES SOCIALMENTE COMPARTILHADOS</i>	61
5.1.5.	<i>MORALIDADE TECNOLÓGICA</i>	64
5.2.	VALORES	67
5.2.1.	JUSTIÇA	67
5.2.1.1.	<i>CONSEQUENCIALISMO</i>	67
5.2.1.2.	<i>DEONTOLOGIA</i>	69
5.2.1.3.	<i>TELEOLOGIA</i>	70
5.2.2.	<i>BEM-ESTAR</i>	72
5.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS FINAIS DO CAPÍTULO	76
6.	MODELO PROPOSTO	77
6.1.	ELEMENTOS	77
6.2.	PERSPECTIVA DO MODELO	78
6.3.	A EVOLUÇÃO DO SISTEMA EM ESTUDO	80
6.4.	RESULTADO PRETENDIDO	81
7.	ALTERNATIVAS AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS	83
7.1.	TAXAÇÃO E MERCADOS DE CARBONO	83
7.1.1.	<i>CONTEXTUALIZAÇÃO</i>	83
7.1.2.	<i>TAXAÇÃO DE CARBONO NA AVIAÇÃO BRASILEIRA</i>	85
7.1.3.	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ALTERNATIVA</i>	87
7.2.	POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	87
7.2.1.	<i>DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS E PRODUTOS</i>	87
7.2.2.	<i>RENOVAÇÃO DE FROTA</i>	88
7.2.3.	<i>SISTEMA DE CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO MAIS EFICIENTE</i>	88
7.2.4.	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ALTERNATIVA</i>	89
7.3.	BIOCOMBUSTÍVEIS	89
7.3.1.	<i>CULTURAS AVANÇADAS</i>	90
7.3.2.	<i>DISTRIBUIÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO</i>	91
7.3.3.	<i>CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS</i>	92
7.3.4.	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ALTERNATIVA</i>	92
7.	CONCLUSÃO	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1: Modelo SHELL.....	79
Figura 6.2: Modelo SHEETS.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS

CAEP	Comitê de Proteção Ambiental na Aviação
COP	Conferência das Partes
ETS	<i>Emission Tradings Scheme</i>
IATA	Associação Internacional de Transporte Aéreo
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
OACI	Organização de Aviação Civil Internacional
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAC	Política Nacional de Aviação Civil
SBRC	<i>Sustainable Bio-Energy Research Consortium</i>
SHEETS	<i>Society – Human – Environment – Economy – Technology - State</i>
SHELL	<i>Software – Hardware – Environment – Liveware – Liveware</i>
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Na década de 1960, CARSON (2002) publica seu estudo sobre os negativos impactos ambientais dos pesticidas utilizados a partir da segunda guerra, o que resulta em ampla comoção e impulsiona o movimento ambiental. Já na década de 1970, a preocupação passa a ser também com o crescimento econômico, com a entrega do relatório de MEADOWS (2006) ao Clube de Roma. Este relatório conclui que a única solução para se evitar uma catástrofe ambiental seria uma taxa de crescimento econômico igual a zero.

A proposta de crescimento zero resultou em intensos debates sobre o real significado do crescimento econômico. Como relata ABRAMOVITZ (1989), uma análise de pesquisas nos EUA mostrou a seguinte incongruência: no mesmo período de tempo, um aumento no nível de renda resulta em um aumento da percepção declarada de bem-estar; porém, ao longo do tempo, apesar de haver um constante aumento no nível de renda, é constante a proporção de pessoas que se declaram felizes em relação ao total da população. Ora, se um aumento de renda imediatamente resulta em aumento de bem-estar e ao longo do tempo a renda aumenta constantemente para todos, era de se esperar um aumento constante no bem-estar. Mas o estudo demonstra que as pesquisas apontam que não é isto que ocorre.

O que explicaria tal “paradoxo” seria a relatividade da percepção de renda de um indivíduo, que compararia sua renda com relação ao de seus semelhantes. *Caeteris paribus*, havendo crescimento em sua renda, seu bem-estar se eleva. Mas, havendo o crescimento da renda de todos, a mesma percepção torna-se estável. Outra explicação seria o padrão percebido pela moderna ciência psicológica de que animais e humanos apreciam a inovação, mas não a rotina (ABRAMOVITZ 1989). Um aumento na renda que propiciasse a aquisição de um novo bem traria a percepção de bem-estar somente até que o contínuo uso deste bem deixasse de ser novidade.

Além disso, a relação feita entre crescimento e impacto ambiental colocou em voga o debate público quanto aos riscos da crescente atividade humana em relação à natureza. A humanidade está cada vez mais capaz de modificar e transformar o meio ambiente, enquanto este se apresenta mais vulnerável do que aparentava até então (FITOUSSI & LAURENT, 2011).

Uma dificuldade em endereçar os problemas ambientais é que estes são visíveis no longo prazo, enquanto no curto prazo o impacto é pequeno, resultando em incertezas quanto a sua dimensão e até mesmo com relação a sua existência (SPETH & HAAS, 2006). Ainda hoje, apesar das inúmeras evidências científicas apresentadas, existem aqueles que se recusam em aceitar o aquecimento global como uma real possibilidade.

Quatro conferências internacionais foram organizadas como tentativa de estabelecer diretrizes comuns para a ação global (1972, 1992, 2002 e 2012). Os produtos destas conferências assumiram o formato de orientações e acordos para a elaboração de políticas públicas comuns. Pouco, porém, teria resultado em efetiva ação.

Como consequência da ação, o século XX deixou, no contexto internacional, alguns aprendizados com relação ao meio ambiente, que podem ser assim resumidos (BURSZTYN, 2001):

- A humanidade pode se extinguir como resultado de suas ações;
- Os recursos naturais são finitos;
- É preciso considerar os aspectos éticos do desenvolvimento tecnológico;
- Ainda que a humanidade não tenha desenvolvido a necessária solidariedade entre os povos, é necessário considerar mais uma dimensão além da geográfica, a dimensão temporal, e considerar a solidariedade com futuras gerações;
- A consciência de que, na medida que nossas sociedades se tornam mais complexas, é necessária mais atuação reguladora.

No Brasil, é possível adicionar mais uma herança do século XX para o XXI, que é a superação da pobreza (VIOTTI, 2001).

Em síntese, o desafio que se apresenta para as próximas décadas é a alocação e distribuição, na dimensão temporal, de recursos naturais finitos. Individualmente, trata-se de um processo complexo, que envolve diversos agentes em contextos de motivações particulares, incertezas e riscos. Coletivamente, é um processo de escolha pública onde cabe à sociedade civil, em suas várias formas de organização, tomar decisões e agir (MAY, 2010).

Este é um problema tanto naqueles países em que o grau de amadurecimento das instituições públicas é insuficiente (BURSZTYN & BURSZTYN, 2013) quanto no âmbito internacional. Internacionalmente, a estrutura organizacional é pautada pela diplomacia e cooperação, inexistindo mecanismos de efetiva governabilidade. Assim, o conceito de governo foi em parte substituído pelo de governança, em que o poder

público deixa de ser o único responsável pelas decisões políticas, compartilhando este papel com a sociedade civil.

De um lado, a economia, enquanto um complexo sistema sociotécnico, se baseia e depende dos sistemas naturais ao mesmo tempo em que, opostamente, interfere e transforma sua dinâmica. O progresso tecnológico modifica os limites ambientais, mas não os elimina. É necessário, portanto, o desenvolvimento de um conhecimento transdisciplinar para abordar a interseção dos sistemas humanos e naturais.

Estes desafios não podem ser enfrentados a partir de uma perspectiva teórica que não considere dimensões morais e éticas do processo de tomada de decisão. A economia é necessariamente política, na medida em que todo ser humano age com base em uma escala de valores (MYRDAL, 1978).

O engenheiro, enquanto transformador de conhecimentos científicos em dispositivos de produção econômica, passa a ter papel central no contexto do desenvolvimento sustentável. Deve-se agregar ao treinamento técnico conhecimentos de outras disciplinas, para que este tenha a capacidade crítica de avaliar de forma ética o desenvolvimento de novas tecnologias.

A integração entre diferentes disciplinas, contudo, não é trivial. É inerente ao estabelecimento de disciplinas que estas justifiquem sua existência se apropriando de ramos do saber, resultando na segmentação do conhecimento. A coesão multidisciplinar é, então, um caminho para que se possa abordar a complexa questão da sustentabilidade (KATES *et al.*, 2001).

1.2. Apresentação do problema de pesquisa

O impacto ambiental da operação aérea pode ser considerado, principalmente, a partir da avaliação do ruído aeronáutico e das emissões de gases de efeito estufa dos motores das aeronaves. Este trabalho pretende concentrar-se no impacto dos gases de efeito estufa.

Motores aeronáuticos produzem emissões que são semelhantes aos de outras fontes de queima de combustíveis fósseis. No entanto, as emissões dos aviões são particulares na medida em que uma proporção significativa é emitida em elevada altitude. Estas emissões dão origem tanto a preocupações ambientais relacionadas à qualidade do ar ao nível do solo, de maneira local, mas também sobre o seu impacto global.

Sabendo disso, a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), braço da Organização das Nações Unidas (ONU) para a aviação civil, encomendou ao *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) a elaboração de uma avaliação a respeito da contribuição da aviação aos problemas atmosféricos. O IPCC publicou em 1999, em conjunto com o *Scientific Assessment Panel to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*, seu Relatório Especial.

Este concluiu, em resumo, que as estimativas mais críveis indicam que as aeronaves contribuiriam com cerca de 3,5 por cento das métricas de mudança climática. A avaliação realizada pelo INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (1999) foi e ainda é o apanhado de referência quanto à compreensão científica sobre tais impactos. LEWIS (2013) utiliza esta e outras referências para estimar um crescimento médio de 4,8% ao ano na demanda por transporte aéreo comercial. Já SILVEIRA *et al.* (2011) não realizam estimativas, mas citam o crescimento médio de 8,5% no transporte regular de passageiros no Brasil desde 2003. Todos estes trabalhos concordam na conclusão de que o crescimento na demanda por transporte aéreo deve ultrapassar uma possível diminuição de emissões de gases de efeito estufa resultante de desenvolvimentos tecnológicos, o que faz com que os formadores de políticas públicas devam gerenciar adequadamente os impactos ambientais. Este é um ponto central para o trabalho em desenvolvimento, que utiliza esta assertiva como uma de suas principais fundamentações.

Ainda, cabe ressaltar que essas referências trazem uma preocupação com o relacionamento entre avaliação dos impactos ambientais da aviação com políticas públicas. O relatório especial do IPCC é ostensivo neste sentido ao incluir uma síntese dos resultados para identificar e caracterizar as opções para mitigar os impactos futuros em um sumário para formadores de políticas públicas (*Summary for Policymakers*). LEWIS (2013) traz como argumento central a preocupação de que a quantificação dos impactos deve ser o mais eficaz possível para que tomadores de decisão, formadores de políticas públicas e sociedade civil possam gerenciar adequadamente tais impactos. O trabalho de SILVEIRA *et al.* (2011) traz argumento semelhante ao abordar as metas da OACI e a Política Nacional de Aviação Civil (PNAC). De tal forma que se pode concluir o direto relacionamento entre mitigação de impactos ambientais e elaboração de políticas públicas adequadas, outro argumento central desta dissertação.

Neste último ponto, inclusive, SILVEIRA *et al.* (2011) unificam os pontos centrais adotados, caracterizando-os ao caso brasileiro, ao citar que a PNAC (BRASIL,

2009) preconiza o estímulo à elaboração e adoção de mecanismos que visem mitigar os efeitos adversos da aviação sob o meio ambiente, tanto no seu âmbito global como local e sobre as comunidades expostas ao ruído e às emissões das aeronaves em áreas circunvizinhas a aeroportos.

Tradicionalmente, cita-se o artigo do ecologista HARDIN (1968) com o objetivo de introduzir a questão dos bens comuns no âmbito do desenvolvimento sustentável. No caso, a “comuna” citada exemplifica um recurso compartilhado, não regulado, em que o acesso livre e irrestrito resulta em exploração predatória, levando à redução temporária ou permanente do recurso (HARDIN, 1968). Isto ocorreria na medida em que os benefícios da exploração beneficiariam um determinado grupo, que seria motivado a maximizar o uso do recurso, enquanto os custos da exploração recairiam sobre todos aqueles para quem o recurso estaria disponível. A escassez do recurso poderia levar que o recurso fosse ainda mais valorizado, aumentando sua exploração e criando um ciclo de retroalimentação.

O transporte é um recurso que pode estar submetido ao uso excessivo, resultando em externalidades negativas que afetam terceiros, como a emissão de gases de efeito estufa, poluição e tráfego. Existe alguma discórdia sobre o tratamento do transporte e do ambiente como um bem ou serviço público, mas este trabalho assume que estes são sim bens públicos em alguma medida. Citando BUCHANAN (1965), há “um imenso espaço entre o puramente privado e o puramente público”. Estes são limites teóricos para a modelagem de problemas e as questões reais encontram-se em grande medida entre estes limites.

Em dezembro de 2015 foi realizada em Paris a 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). O objetivo principal desta conferência era a adoção de acordo internacional visando ações para a manutenção do aquecimento global abaixo dos 2°C.

Em 12 de dezembro daquele ano foi adotado o acordo elaborado em Paris, por consenso das partes presentes (FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2015). O acordo busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, desacelerar o aquecimento global e limitar os efeitos das mudanças climáticas.

Porém, medidas voltadas para a aviação internacional não foram incluídas neste acordo. Restou, portanto, um possível acordo internacional para redução das emissões

na aviação no âmbito do Comitê de Proteção Ambiental na Aviação (CAEP), da OACI, que estaria em discussão e ainda não foi formalizado.

Por recomendação deste comitê, um novo padrão de emissão de CO₂ dependerá do peso da aeronave e será aplicado aos novos modelos que entrarem em produção a partir de 2020, com entregas previstas para 2023 em diante. Há, ainda, orientação para que a produção de aeronaves que não estejam em conformidade com os padrões recomendados seja encerrada em 2028.

A recomendação prevê uma meta de redução de aproximadamente um terço das emissões de dióxido de carbono, o que poderia poupar 650 milhões de toneladas de emissões de dióxido de carbono até 2040, de acordo com a comissão. Os novos padrões recomendados devem ser complementados por um acordo de compensação de emissões de carbono.

As discussões internacionais para a adoção de políticas públicas de redução da emissão de gases de efeito estufa encontram dificuldade em atingir o consenso. A agenda de combate ao aquecimento global estaria bem definida. Assim como estariam consolidadas diferentes propostas de políticas públicas para mitigação de emissões: mercados de carbono, taxação de emissões, regulamentos para imposição de limites de emissão na certificação de novos veículos e combustíveis, incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias. O impasse estaria, portanto, na decisão quanto às políticas públicas a serem implantadas.

A tomada de decisão sobre políticas públicas encontra-se na interface entre o campo técnico (propositor das políticas públicas) e o campo político (que efetivamente decide quanto à sua implantação). Um modelo para tomada de decisão de políticas públicas de emissão contribuiria para a resolução de tais impasses.

Uma redução nas emissões de gases de efeito estufa nos transportes dependeria de uma evolução das tecnologias existentes. O estudo sobre a evolução da tecnologia contribuiria para a formulação de um modelo de decisão na medida em que ajudaria a compreender os mecanismos pelos quais políticas públicas podem influenciar o desenvolvimento. Por outro lado, a decisão sobre políticas públicas é um ato essencialmente político. Seria fundamental discutir o papel político da tecnologia, ou seu papel moral e ético.

Pretende-se, portanto, avaliar políticas públicas para mitigação das emissões no transporte aéreo considerando como influenciam a evolução tecnológica e como a tecnologia influencia sua adoção.

1.3. Objetivo do estudo

O objetivo geral deste estudo é refletir sobre um modelo para avaliação, no âmbito das políticas públicas, de alternativas para a redução da emissão de gases de efeito estufa pelo transporte aéreo.

Espera-se utilizar um formato estruturado e logicamente embasado para a avaliação de políticas públicas que visam redução da emissão de gases de efeito estufa no transporte aéreo, com uma análise centrada na tecnologia.

Como objetivos específicos, encontram-se:

- Buscar uma abordagem multidisciplinar para a solução de problemas relacionados à sustentabilidade do transporte aéreo;
- Identificar os mecanismos de evolução tecnológica no transporte aéreo e como políticas públicas do setor podem influenciá-los;
- Reconhecer o papel ético e moral da tecnologia de transporte aéreo e sua relação com as políticas públicas do setor;
- Avaliar alternativas de políticas públicas para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa no transporte aéreo.

1.4. Objeto e delimitação do estudo

As discussões internacionais para a adoção de políticas públicas de redução da emissão de gases de efeito estufa encontram dificuldade em atingir o consenso. Este trabalho pretende realizar uma avaliação das políticas públicas para redução de emissões no transporte aéreo, utilizando-se do corpo de conhecimento teórico levantado. Corroborando com a afirmação contida no artigo de BASTOS *et al.* (2007), que conclui pela timidez da participação brasileira no combate ao impacto ambiental da aviação e sugere uma nova relação entre indústria do transporte aéreo e sociedade em busca de soluções socialmente aceitáveis, o trabalho pretende realizar uma análise da aplicabilidade no contexto nacional.

Pode-se resumir o problema a partir das seguintes perguntas:

1.1. Qual a melhor forma de atacar um problema tão complexo como o aquecimento global, cuja investigação envolve diversas disciplinas?

1.2. Como políticas públicas podem influenciar o desenvolvimento tecnológico na direção da mitigação das emissões de gases de efeito estufa?

1.3. Qual o papel ético desempenhado pela tecnologia e como ela influencia as decisões de políticas públicas?

1.4. Como decidir entre políticas públicas tecnológicas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa no transporte aéreo?

As premissas e delimitações adotadas neste trabalho são:

a. O sistema de transporte aéreo é um sistema de engenharia e, como tal, é um sistema complexo, que envolve diferentes disciplinas;

b. O transporte aéreo e o meio ambiente podem ser considerados bens públicos;

c. A melhor compreensão dos mecanismos envolvidos na evolução tecnológica, do papel ético e moral desempenhado pela tecnologia e da inter-relação entre eles contribui para a adoção de políticas públicas adequadas;

d. É possível adaptar modelos de tomada de decisão existentes para melhor avaliar políticas públicas de redução de emissões de gases de efeito estufa no transporte aéreo.

e. Este trabalho trata somente do transporte aéreo, de forma geral, não se limitando a um determinado subsetor.

f. Este trabalho trata somente das emissões de gases de efeito estufa, não analisando outros possíveis impactos ambientais do transporte aéreo.

g. A pesquisa aqui realizada não pretende ser uma revisão bibliográfica completa da história ou da ética da tecnologia.

h. O presente trabalho não é a elaboração de uma teoria da evolução tecnológica ou da moralidade tecnológica, mas se baseia em teorias existentes para desenvolver seus argumentos.

i. No contexto da governança, este trabalho se limita à governança pública e às estratégias regulatórias de governança.

j. O estudo de caso não pretende exaurir as possibilidades de políticas públicas existentes, mas somente demonstrar a aplicação da argumentação desenvolvida em casos selecionados.

1.5. Justificativa do trabalho

A governança representa um tema central quando se discute desenvolvimento sustentável. Estados e governos possuem papel importante na resolução dos problemas ambientais que se apresentam em virtude da emissão de gases de efeito estufa, o que inclui as emissões dos transportes e, conseqüentemente, o transporte aéreo.

A governança adequada depende do conhecimento da situação local e da possibilidade de análise. Desta forma é necessário dispor de um modelo capaz de permitir a tomada de decisão adequada. Segundo BARNARD (1971), pioneiro no estudo da tomada de decisão, esta seria o processo essencial de organização da ação. Sendo assim, para agir adequadamente, é necessário um modelo que organize o processo de decisão que resulta na proposta de atuação.

Muitos dos atuais e mais complexos problemas e desafios requerem abordagens inovadoras e interdisciplinares. Desafios como a gestão de cadeias de transporte globais, a busca por segurança energética e a busca por um desenvolvimento sustentável não possuem soluções puramente técnicas. As soluções envolvem tecnologia, processos e políticas. O tratamento de tais desafios deve partir, portanto, de uma abordagem baseada em engenharia, gestão e ciências sociais.

ARTHUR (2011) sugere que a economia é uma expressão de suas tecnologias. Conforme a tecnologia se constrói, cria uma estrutura na qual decisões, atividades e fluxos de bens e serviços se formam. Tecnologias desenvolvidas para resolver problemas ao mesmo tempo criam novos desafios. Assim, a economia estaria constantemente em construção, em evolução. Assim, como coloca Arthur, é preciso de uma “logia da tecnologia”, uma teoria sobre o desenvolvimento e a evolução da tecnologia, assim como sobre o papel social que ela desempenha.

Para complementar o estudo da tecnologia, é necessário compreender o papel que esta representa na sociedade. WINNER (1980) observa que introduzir uma nova tecnologia não é somente construir um objeto, mas abrir novas possibilidades, enquanto se fecha a porta para outras. Portanto, analisar a tecnologia em termos da mediação que esta tem entre os homens e seu meio, ou seja, em termos de sua ética ou moralidade, torna-se necessário.

Somente assim, com base em um melhor entendimento do papel desempenhado pela tecnologia, e dos mecanismos pelos quais evolui, passa a ser possível melhor

“organizar a ação” para a mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo transporte aéreo.

1.6. Método de pesquisa

Este é um trabalho de pesquisa essencialmente teórico e bibliográfico.

É um trabalho inicialmente exploratório (ao buscar um conhecimento maior sobre “tecnologia” e “políticas públicas”) e posteriormente explicativo (ao agregar e utilizar o conhecimento reunido para a avaliação de alternativas existentes).

Utilizar-se-á a dedução para, a partir de conhecimentos levantados dos trabalhos sobre tecnologia e adotados como premissas verdadeiras, deduzir a melhor forma de aplicação.

1.7. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos.

No presente Capítulo, apresenta-se a introdução do assunto em questão, seguido da contextualização, apresentação do problema, objetivos, objeto e delimitação do estudo, justificativa e metodologia.

No Capítulo 2, faz-se a descrição dos chamados sistemas de engenharia e das formas de se lidar com sua complexidade.

No Capítulo 3, apresenta-se uma definição de tecnologia, de quais seriam seus elementos constituintes da forma pela qual evolui. Adicionalmente, discute-se como ocorrem os ciclos de vida tecnológicos e seu relacionamento com ciclos econômicos.

No Capítulo 4, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre políticas públicas e o papel que representa nas sociedades modernas. Apresenta-se o Estado como o detentor de poder de coerção e as políticas públicas como o seu modelo de tomada de decisão.

No Capítulo 5, discute-se o papel representado pela tecnologia e pelas políticas públicas na busca de propósitos socialmente definidos.

No Capítulo 6, é proposto um modelo para estudo de políticas públicas de mitigação de emissões de gases de efeito estufa e são levantadas algumas políticas para estudo de caso.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões e sugestões sobre o trabalho e também as limitações encontradas durante o desenvolvimento das pesquisas.

2. SISTEMAS DE ENGENHARIA

O objetivo deste Capítulo é apresentar os conceitos do recente campo de estudos dos sistemas de engenharia. Inicialmente, o papel desempenhado pela tecnologia ao longo do desenvolvimento das sociedades é apresentado. Em seguida apresentam-se os conceitos dos sistemas de engenharia e sistemas complexos. Por fim, apresentam-se algumas mudanças de conceito que considera-se adequadas quando se lida com modelagem de sistemas complexos, quando em comparação com sistemas determinísticos simples.

A partir dessas explanações, é possível dar continuidade ao que se descreve nos próximos capítulos do estudo com uma adequada compreensão dos termos utilizados e práticas estabelecidas.

2.1. O papel da tecnologia na sociedade

Estima-se que na Idade da Pedra o ser humano médio teria à sua disposição aproximadamente 4 mil calorias de energia por dia, envolvendo alimentação, utilização de fogo, fabricação de ferramentas e vestimentas. Em contraposição, atualmente estima-se que o americano médio disponha de mais de 200 mil calorias diárias para alimentar-se e energizar seus diversos equipamentos (MORRIS, 2010).

Não há estudos disponíveis que comparem o bem-estar do homem moderno com os hominídeos da idade da pedra, mas há estudos que demonstram não haver correlação entre o bem-estar e a riqueza entre os homens modernos (CSIKSZENTMIHALYI, 1999). Não há aumento do bem-estar experimentado como resultado de aumento de renda, uma vez que a renda já seja superior ao que pode ser considerado uma renda mínima familiar (KAHNEMAN & DEATON, 2010).

A Revolução Industrial pode ser responsabilizada por boa parte deste aumento no consumo energético. Mas ela é apenas um instante da evolução econômica que resultou na sociedade moderna. Ela foi precedida por uma revolução comercial no século XVI que expandiu o volume de comércio global. Tal expansão, por sua vez, foi resultado de uma série de fatores institucionais e políticos: o estabelecimento de direitos de propriedade privada, a ascensão do Estado moderno, a invenção da contabilidade, o surgimento da companhia empresarial e de novas tecnologias de comunicação e transporte. A Revolução Industrial se apoiou na aplicação sistemática do método

científico, na estrutura institucional de universidades e pesquisadores, resultando em outras importantes inovações tecnológicas (FUKUYAMA, 2014).

Parece que a história da economia moderna não pode ser compreendida sem uma avaliação do papel da tecnologia (ALMEIDA, 2007). Ela cresce continuamente desde o início dos tempos como consequência, ao menos em parte, da contínua capacidade de cientistas produzirem novas descobertas e engenheiros novos aparatos, como os motores. Schumpeter chamou o efeito inovador das tecnologias de destruição criativa (SCHUMPETER, 1961).

James Watt projetou seu motor a vapor para bombear água de minas, mas este logo se provou útil para abastecer tecelagens. Logo após, o motor a vapor foi combinado com um trem de vagões em 1825, na Inglaterra. A primeira locomotiva a vapor da história transportou minério de ferro por 20km, da mina ao porto. Apenas 25 anos depois, a Grã-Bretanha possuía dezenas de milhares de quilômetros de ferrovias (HARARI, 2015).

O motor à combustão interna, por sua vez, foi inventado em 1866, por Nikolaus Otto. O cavalo servia como modo de locomoção individual pelos últimos 6 mil anos. E continuaria por mais 50 anos a 100 anos, ainda que houvesse grande apreensão com o contínuo crescimento da deposição de estrume nas maiores cidades (JOHNSON, 2015). Preocupação aquela que talvez tenha representado a primeira crise ambiental relacionada aos transportes (LEVITT & DUBNER, 2009).

Como o motor de Otto era grande, pesado e pouco confiável, somente em 1885 ele havia evoluído de tal forma que Gottfried Daimler o instalou em uma bicicleta para criar a motocicleta. Em 1896 Daimler construiu o primeiro caminhão. Mas foi somente após a Primeira Guerra Mundial, quando os militares concluíram pela necessidade de caminhões, que a indústria recém ociosa convenceu a população de que estes tinham necessidade de substituir cavalos por automóveis. A transição demoraria pelo menos mais 50 anos para substituir completamente os animais de transporte nas maiores cidades americanas (DIAMOND, 1999).

Percebe-se que atribuir uma invenção a um único indivíduo é uma simplificação que negligencia os precursores que forneceram o conceito, o conhecimento, as ferramentas. O motor de James Watt foi inspirado no motor de Thomas Newcomen, que por sua vez seguiu o motor a vapor de Thomas Savery, que por sua vez se baseou no motor que Denis Papin idealizou, baseado nas ideias do cientista Cristiaan Huygens (DIAMOND, 1999). Trata-se de um processo evolutivo e, termo cunhado por biólogos,

exaptativo. Mesmo as invenções que satisfizeram a necessidade para as quais foram inicialmente concebidas puderam depois se mostrar úteis para finalidades imprevistas.

Não se advoga que a tecnologia é causa linear, determinística ou única de transformações culturais. Mas é preciso reconhecer que há um elemento histórico material, em um sentido não somente marxista, de que a história social se desenrola de forma imbricada com os instrumentos básicos de matéria (seus artefatos), conectando relações sociais e movimentando a economia.

Ilustrativamente, pode-se evocar a invenção da imprensa, por Johann Gutemberg, a partir da adaptação de prensa para vinhos. A prensa de Gutemberg teria aumentado a demanda por óculos, já que a leitura fez com que escribas monásticos percebessem os defeitos de sua visão próxima. A impressão de bíblias mais baratas, por sua vez, resultou em sua difusão e pode ter contribuído para a Reforma Protestante. A demanda por óculos também fez com que artesãos investigassem a física das lentes e passassem a dominar sua manufatura. Logo veio o telescópio e a astronomia. Inverteu-se o telescópio, fez-se o microscópio e veio a microbiologia (JOHNSON, 2015). Gutemberg não teria imaginado que sua prensa, surgida no século XV, viria a contribuir para revoluções religiosas e científicas nos séculos XVI e XVII .

Novas tecnologias geralmente surgem como uma tentativa de resolver um problema específico. Mas, uma vez que entram em circulação, acabam provocando outras mudanças que teriam sido difíceis de prever. Tal vínculo entre evolução tecnológica, desenvolvimento econômico e o progresso de instituições políticas sobressai a importância da compreensão das formas pelas quais a inovação ocorre. O conhecimento dos mecanismos de evolução tecnológica e a capacidade de antecipar seus impactos permitiria ao conjunto social estudar que esforços incentivar.

É necessário, portanto, desenvolver uma teoria que descreva atributos compartilhados por diferentes sistemas evolutivos. Uma abordagem multidisciplinar com foco em sistemas sociotécnicos de engenharia pode iluminar o caminho a ser seguido.

2.2. O que são sistemas de engenharia

2.2.1. Artefatos complexos

Para compreender o que são sistemas de engenharia, pode-se fazer a distinção entre um artefato complexo, como um relógio, e um sistema de engenharia. O relógio é um dispositivo que possui uma função bem definida: medir o tempo. Sua medida de desempenho é simples: a magnitude de desvio do ritmo esperado. Cada um dos componentes de um relógio tem suas funções bem-definidas e as desempenham de forma previsível. Além disso, um relógio é composto por um grande número de subsistemas e componentes. Essas partes, por sua vez, podem ser também decompostas em outras partes.

MILLER (1955) propôs que a capacidade humana de processamento de informação de partes que interagem entre si seria da ordem de 7 mais ou menos 2. Esse número pode servir de base para compreender a tendência humana a decompor sistemas em subsistemas de forma recursiva.

Um relógio é decomposto em aproximadamente três níveis. No nível mais básico não se consegue subdividir as partes sem que haja perda completa de funcionalidade. Acima destas, um relógio é formado por três níveis e aproximadamente 350 partes, sendo um único indivíduo ainda capaz de trabalhar solitariamente. Ele seria capaz não só de montar as diferentes partes, mas de dominar cada aspecto de seu funcionamento e elaboração, sendo capaz de fabricar um relógio sem precisar interagir com outra pessoa.

Adicionando um nível de compartimentalização chega-se a aproximadamente 2500 partes, extrapolando a capacidade cognitiva do indivíduo, e passando-se, portanto, do trabalho individual para o trabalho em equipes. Chega-se ao domínio da engenharia de sistemas, que visa propor boas práticas para o trabalho de engenharia com o objetivo de integrar componentes complexos elaborados por equipes de diferentes ramos da engenharia.

Com mais alguns níveis de complexidade, chega-se ao domínio dos sistemas de engenharia, que interliga conjuntos complicados com muitos componentes, desenvolvidos por equipes de campos diferentes de conhecimento. Mas, além disso, interliga também múltiplos metabolismos sistêmicos (sociedades, políticas públicas,

meio ambiente, economia, além das próprias tecnologias), que interagem e se influenciam mutuamente.

2.2.2. Sistemas interligados

Sistemas de engenharia são sistemas que cumprem importantes funções na sociedade: transportar pessoas e cargas, transmitir mensagens, prover energia, etc. São caracterizados pelo elevado grau de intrincada complexidade social e tecnológica (DE WECK *et al.*, 2012).

A abordagem da engenharia padrão para projetar, construir e operar artefatos deve ampliar seu escopo de métodos e ferramentas para lidar com sistemas de engenharia. As técnicas da engenharia padrão evoluíram no contexto de criação de automóveis e aeronaves. Mas ao considerar sistemas de engenharia é preciso interligar a dinâmica social, econômica e a evolução tecnológica dos sistemas que emergiram da ação humana. É necessário, portanto, afrouxar as fronteiras disciplinares e vincular a engenharia a outras disciplinas.

O surgimento e difusão de automóveis, telefones e energia elétrica resultou na construção de redes de infraestrutura. Mas essas redes emergiram, em grande parte, de forma desordenada e desconectada e, em paralelo, as organizações que administravam esses sistemas também precisaram crescer em complexidade. Entre outros, o surgimento dessas indústrias demandava matérias primas de outras indústrias, que também precisaram se crescer e se adaptar. Foi necessário o surgimento de padrões e normas para regular a crescente complexidade.

Em alguma medida esses sistemas foram deliberadamente projetados, mas, em grande maneira, para propósitos simples e claros, como, por exemplo, transportar pessoas ou transmitir mensagens. Muitas funções de sistemas são simplesmente emergentes, como a rede mundial de computadores e sua imensa capacidade de trabalhar informação. Transporte e energia elétrica também, de forma inicialmente imprevista, evoluíram até o ponto em que resultaram em aquecimento global. Em determinado momento, o crescimento desorganizado atinge um limite em que as consequências emergentes e inesperadas não podem mais ser ignoradas.

A crescente dependência da sociedade moderna de sua infraestrutura fica evidente em momentos de interrupção, como o ataque terrorista de 11 de setembro, que interrompeu o transporte aéreo americano e impactou todo o transporte aéreo global, ou

a falha elétrica ocorrida em 2003 nos EUA, que teria deixado 50 milhões de pessoas sem energia elétrica. Por outro lado, impactos ambientais tornam-se cada vez mais preocupantes, e são resultado dessa imbricada rede social e tecnológica que emerge. Assim, a sociedade moderna depende cada vez mais dos sistemas de tecnologia, ao mesmo tempo em que seus impactos tornam-se cada vez mais evidentes.

E os sistemas tecnológicos continuam crescendo em complexidade. O que até então eram sistemas de engenharia independentes, energia elétrica, comunicações e transporte, demonstram uma tendência crescente de se unirem para formar um sistema de transportes inteligente e eletrificado. Aeronaves modernas dependem de sistemas de posicionamento global, sendo direcionados por satélites, além de terem assumido uma quase completa digitalização de seus sistemas internos. Automóveis apresentam a tendência a eletrificação e autonomia de direção.

Por isso, podem surgir ainda mais consequências inesperadas do crescente relacionamento entre sistemas já complexos por si só. Uma adoção em larga escala da energia elétrica para movimentar os transportes pode representar uma solução para o aquecimento global, mas pode também resultar em um impacto imprevisto na rede elétrica. Isso significa que sistemas de engenharia apresentam soluções e desafios, e nem todos são solucionáveis somente pela tecnologia.

As imbricadas redes que interligam meio ambiente, sociedades, infraestruturas tecnológicas, economias e políticas públicas representam o domínio de estudo dos sistemas de engenharia. Seu objetivo é melhor compreender esses complexos sistemas baseados em tecnologias que desempenham funções importantes na sociedade.

A engenharia tradicional surgiu com a preocupação de elaborar um artefato que desempenhasse determinadas funções, obedecendo critérios de desempenho como segurança e custo. Mas, hoje, um engenheiro enfrenta o desafio de interagir com uma série de complexidades socioeconômicas e externalidades. Contudo, todas as externalidades podem ser consideradas, se forem incorporadas dentro das fronteiras da modelagem dos problemas de engenharia. Por exemplo, as emissões de gases de efeito estufa, antes um subproduto imprevisto e indesejado do processo de engenharia, podem ser incorporadas nos critérios de desempenho da solução considerada e abordadas como parte do projeto.

As interações entre sistemas, assim, deixam de ser uma exceção para se tornar uma norma da moderna engenharia. E, com a crescente complexidade dessas interações, oportunidades e desafios são crescentes.

2.2.3. *Sistemas de engenharia*

Sistemas de engenharia são definidos como “uma classe de sistemas caracterizados por um alto grau de complexidade técnica, interligação social e processos elaborados, voltados para satisfazer importantes funções na sociedade” (DE WECK *et al.*, 2012).

A definição de determinado sistema de engenharia depende de como as fronteiras são delimitadas na consideração do problema em questão. Uma aeronave é um conjunto complexo de componentes, mas trata-se ainda de um artefato. Tão logo se expanda a fronteira de consideração para abranger a necessidade de partes sobressalentes, combustível, seu relacionamento com o tráfego aéreo, os aeroportos em que opera, o fluxo de pessoas e bagagens nos aeroportos, percebe-se um sistema “caracterizado por um alto grau de complexidade técnica, interligação social e processos elaborados”. E esse sistema evidentemente desempenha “importantes funções na sociedade”.

Da mesma forma, modelando o sistema com outras fronteiras e considerando desta vez os processos de projeto e fabricação, o fluxo de matérias primas, as etapas intermediárias da produção de peças, o transporte de componentes, chega-se novamente a um sistema sociotécnico complexo, ou seja, um sistema de engenharia, por duas diferentes abordagens e delimitações de fronteiras.

A engenharia é tida principalmente como uma atividade de projeto. Ela seria, de forma simplificada, um processo de síntese e integração de conhecimentos técnicos, com o objetivo de satisfazer necessidades humanas, por meio de artefatos. Trata-se, portanto, de um processo de trabalho sociotécnico: satisfazer necessidades *humanas* por meio de artefatos *técnicos* desenvolvidos por *humanos*. Fica claro que não é somente uma atividade técnica, mas intrinsecamente vinculada ao seu caráter social (WEBER & PERKINS, 1992). Mas uma compreensão adequada dos sistemas de engenharia permite perceber que eles são em parte projetados, em parte evoluídos. Não se controla todas as etapas de seu desenvolvimento e difusão.

A abordagem de sistemas de engenharia tem uma implicação imediata e muito importante, trazendo à tona a importância do legado tecnológico. Intervenções em sistemas de engenharia devem considerar que se está trabalhando sobre um sistema já estabelecido, complexo, herdado, que evoluiu durante muito tempo, e que não pode ser simplesmente todo trocado por um sistema substitutivo.

Devido a importância das funções representadas pelos sistemas de engenharia para a sociedade, manter a continuidade do serviço é uma característica importante quando são consideradas intervenções. Não é possível desligar um sistema de engenharia para substituí-lo por outro. É preciso considerá-lo sob um ponto de vista evolutivo, em que componentes ou funcionalidades são modificados ou adicionados em um sistema existente, de forma gradual, até que, de forma contínua e ininterrupta, obtenha-se um novo sistema. Como se diz na linguagem popular, é preciso “trocar a roda do carro com ele andando”.

2.3. Abordando sistemas de engenharia

2.3.1. Pensamento sistêmico

É um erro comum acreditar que carros elétricos, por si só, são a solução para reduzir a emissões de gases de efeito estufa no transporte pois qualquer conclusão depende da fonte de energia que alimenta o sistema elétrico em que os carros serão carregados. De forma contrária a intuição comum, carros híbridos que podem ser carregados podem gerar mais emissões do que veículos híbridos de combustão independente, dependendo da rede elétrica em que sejam conectados (SHIAU *et al.*, 2010).

Este é um exemplo da necessidade de uma modelagem holística quando abordando sistemas complexos. Essa abordagem holística costuma ser chamada de “pensamento sistêmico”. O pensamento sistêmico deriva parcialmente da teoria geral de sistemas, de BETALANFY (1975) e da cibernética (estudo de sistemas regulatórios) de ASHBY (1956) e WIENER (1965). O campo foi desenvolvido também por WEINBERG (1975).

Uma importante característica do pensamento sistêmico é a ideia de perspectiva. Um sistema pode ser abordado em diferentes graus de abstração e por diferentes pontos de vista. Pode-se encarar essa possibilidade de se assumir diferentes abordagens como se o modelador estivesse “pilotando um helicóptero” em torno do sistema em observação. Ele pode escolher se aproximar para ver mais detalhes, ou se afastar para ganhar uma visão geral e maior capacidade de abstração. Da mesma forma, pode girar em torno do sistema para obter diferentes pontos de vista.

Como diz MEADOWS (2008), “*é uma grande arte ser capaz de lembrar que fronteiras de sistemas são criações do modelador, e que elas podem e devem ser reconsideradas a cada nova discussão, problema ou propósito. É um desafio permanecer criativo o suficiente para abandonar as fronteiras que funcionaram para o último problema e tentar encontrar o conjunto mais apropriado de fronteiras para a nova questão. Mas o abandono é também uma necessidade para de fato resolver bem os problemas*”.

Com a capacidade de abstração “de helicóptero” é possível buscar compreender características-chaves do sistema em consideração, como escala, função, estrutura e temporalidade (DE WECK *et al.*, 2012):

- A **escala** envolve quantidades que existem ou fluem pelo sistema. São características identificáveis e quantificáveis;
- A **função** é o propósito, a razão de ser do sistema, o papel que desempenha no relacionamento com outros sistemas;
- A **estrutura** é representada pelos componentes e agentes que o formam. Envolve também suas relações, suas ligações, seus relacionamentos;
- A **temporalidade** é a característica do desenvolvimento do sistema com o transcorrer do tempo, sua dinâmica. Quando considerado em diferentes temporalidades, um mesmo sistema pode apresentar comportamentos distintos. Observações de curto prazo podem não evidenciar o comportamento a longo prazo do sistema. A história, o passado do sistema pode ser um indicativo de sua estrutura. O presente, um indicador de sua função. E o futuro, a consideração de possíveis resultados caso não fossem exercidas influências para alterar o comportamento do sistema;

Para compreender o sistema, é preciso determinar também causalidades (DE WECK *et al.*, 2012). A causalidade envolve as cadeias de causa-efeito, tanto internas ao sistema quanto em seu relacionamento com o ambiente. Ela deve ser avaliada em sua complexidade, pois as relações causais podem envolver fluxos de retroalimentação, resultando em profunda não linearidade.

A modelagem usual consiste em desenvolver modelos matemáticos a partir de alguns princípios básicos. Mas essa abordagem é mais adequada para mundos estáticos, homogêneos e equilibrados (MILLER & PAGE, 2007). Para investigar sistemas mais complexos é necessário utilizar-se de outras ferramentas. E modelos computacionais se mostram mais adequados. A crescente capacidade de processamento computacional

expande os limites de simulação, permitindo a investigação de sistemas cada vez mais complexos.

As ferramentas de trabalho do pensamento sistêmico, que são herdadas em grande parte da engenharia e da matemática, são implementadas em computadores e podem ser poderosas (MEADOWS, 2008). Mas deve-se ter o cuidado de que, apesar de tais ferramentas terem evoluído de um quadro de pensamento mecanicista e da busca por comando e controle, o poder de sua utilização está mais em permitir compreender o sistema do que em permitir controlá-lo. A compreensão do comportamento de um sistema permite que sejam repensados os relacionamentos internos e externos, adaptando-o às necessidades, dentro das suas possibilidades estruturais, mas somente em sistemas simples é que se consegue atingir um controle total.

Estudos de dinâmica de sistemas usualmente não são projetados para prever exatamente o que vai acontecer em determinado momento futuro. Eles são projetados para explorar o que iria acontecer, caso um número de fatores se desdobrasse de determinada forma, considerando uma variedade de possibilidades. Assim, associados ao conhecimento histórico do comportamento do sistema, fornecem pistas para a compreensão da estrutura interna do sistema e de suas principais características.

O pensamento sistêmico, quando se abandona a ilusão de controle absoluto, permite a percepção de outras formas de influenciar seu comportamento. Os sistemas não podem ser controlados, mas podem ser influenciados, projetados e redesenhados. É possível dialogar com o sistema, compreender suas propriedades e perceber como a rede mútua de relacionamento pode ser trabalhada para resultar em uma evolução conjunta. Como diz MEADOWS (2008): *“não é possível controlar sistemas, mas é possível dançar com eles”!*

2.3.2. Sistemas caóticos

O teste definitivo de uma explicação é sua possibilidade de permitir de antemão a previsão de resultados. Assim, uma hipótese só pode ser considerada científica se for falsificável, ou seja, se puder ser testada no mundo real por meio de uma previsão (POPPER, 1959).

A matemática moderna foi capaz de identificar sistemas que se encontram entre aqueles determinísticos e os probabilísticos. O meteorologista Edward Lorenz deparou-se, durante suas simulações para previsão do tempo, com tais sistemas (LORENZ,

1963). O fenômeno ficou conhecido como “efeito borboleta”. Lorenz utilizava um modelo que demonstrou grande sensibilidade aos valores de entrada, fazendo com que variações aparentemente desprezíveis resultassem em grandes diferenças no comportamento do modelo, impedindo a previsibilidade de fenômenos atmosféricos no longo prazo. Tais sistemas foram classificados como caóticos.

No entanto, a imprevisibilidade não significa que sistemas caóticos não possuem qualquer padrão. Ainda que não seja possível prever a trajetória exata de um determinado sistema em um momento específico do tempo no longo prazo, ainda assim é possível prever o comportamento geral do sistema. Ou seja, continua sendo possível determinar suas características qualitativas. O comportamento de um sistema caótico, quando desenhado em um diagrama de estados, evolui sem se repetir, mas os pontos no espaço de estados não são aleatoriamente distribuídos. Eles formam um padrão visual complexo que apresenta qualidades identificáveis.

A trajetória do sistema caótico no espaço de estados foi batizado de “atrator estranho”, ou atrator de Ueda, devido ao trabalho de ABRAHAM & UEDA (1993). Ueda observou a existência de padrões qualitativos em sistemas caóticos a partir de suas experiências com um oscilador eletrônico não linear. Identificou ainda que o comportamento caótico é determinístico e padronizado, não aleatório, sendo possível tirar conclusões sobre o comportamento geral do sistema e prever que seu comportamento segue determinados padrões. Ainda que não seja possível prever exatamente o percurso, é possível prever seu comportamento geral.

Sistemas caóticos reforçam o entendimento de que nenhum modelo, por definição, é capaz de capturar a riqueza da realidade. Mas eles servem ao menos para entender a estrutura aproximada do problema real e permitem prever suas qualidades, seus padrões. Todos os modelos estão errados, por definição, mas alguns são úteis (TETLOCK, 2015).

2.3.3. Mudança de perspectiva

O pensamento sistêmico permitiria, assim, algumas mudanças de mentalidade (CAPRA & LUISI, 2014):

- Mudança de perspectiva **das partes para o todo**: Os sistemas são conjuntos integrados cujas propriedades não podem ser reduzidas às propriedades de suas partes constituintes. As propriedades "sistêmicas" são propriedades do todo.

- **Multidisciplinaridade** inerente: O pensamento sistêmico é inerentemente multidisciplinar.

- **De objetos a relacionamentos:** O que se chama de parte é na verdade um pedaço de uma teia de relacionamentos. Assim, a mudança de perspectiva das partes para o todo também pode ser vista como uma mudança de foco de objetos para relacionamentos.

- **Da medição ao mapeamento:** Relacionamentos não podem ser mensurados, eles precisam ser mapeados. Assim, a mudança perceptual de objetos para relacionamentos resulta também em uma mudança de metodologia, de medição para mapeamento. Quando relacionamentos são mapeados podem ser encontradas configurações que ocorrem repetidamente.

- **De quantidades a qualidades:** As relações de mapeamento não são quantitativas, mas qualitativas. Como demonstram os sistemas caóticos, ainda que não seja possível medir trajetórias de estados precisamente, as qualidades do sistema permitem limitar e compreender seu funcionamento.

- **De estruturas a processos:** Toda estrutura é resultado da manifestação de relacionamentos. Assim como na biologia a compreensão da estrutura viva está inseparavelmente ligada à compreensão dos processos metabólicos e de desenvolvimento, nos sistemas de engenharia a sua compreensão seria resultado do entendimento de seu “metabolismo” e de sua evolução.

2.3 Considerações finais do capítulo

Existe um limite cognitivo para que o ser humano trate associações de componentes, resultando na tendência por sua compartimentalização. Conforme surgem múltiplos níveis de associação, sistemas tornam-se complexos. Sistemas complexos de engenharia foram identificados como relevantes para serem estudados de forma específica dentro da engenharia, resultando no campo dos chamados sistemas de engenharia. Esses sistemas, pela intratabilidade inerente, não são controláveis. Assim, é preciso adaptar métodos e modelos, para considerar que as características são parcialmente projetadas e parcialmente evoluídas. Sistemas matematicamente caóticos permitem perceber que, apesar de sua complexidade, exibem regularidades qualitativas. E tais propriedades permitem prever as tendências de comportamento do sistema, ainda que não seja possível determiná-lo exatamente.

3. TECNOLOGIA

Neste capítulo, apresenta-se o conceito de tecnologia usado. Tendo como foco o estudo da evolução tecnológica, busca-se na literatura uma forma de modelagem adequadas aos sistemas de tecnologia e encontra-se uma forma adequada na teoria da computação. As consequências desta analogia são então estudados para buscar conclusões sobre o desenvolvimento de novas tecnologias. Por fim, apresenta-se uma análise do ciclo de vida de novas tecnologias.

3.1. Princípios tecnológicos

3.1.1. Apoderamento fenomenológico

O termo tecnologia possui diferentes definições. Etimologicamente, é o estudo da técnica, mas passou a designar, de forma ampla, artefatos construídos pelo homem. A definição mais simples e aceita é tratar-se de um meio para atingir fins.

Uma tecnologia se baseia em princípios da natureza que podem ser apreendidos e utilizados em determinada finalidade (ARTHUR, 2011). Assim, uma tecnologia é um conjunto de fenômenos apoderados com algum propósito.

Uma aceção comum, mas incorreta, é de que a tecnologia seria somente uma aplicação da ciência. Por um lado, sim, a ciência desvenda fenômenos, que podem levar ao desenvolvimento de novas tecnologias. Mas, reciprocamente, novas tecnologias também podem levar a uma nova forma de percepção da realidade, uma porta para novos fenômenos, resultando no desenvolvimento da ciência, o que poderia levar à conclusão errada de que a ciência é uma aplicação da tecnologia. Ciência e tecnologia estão bidirecionalmente relacionadas, em um fluxo de influência mútua.

Seria possível até mesmo apropriar-se de fenômenos sem que se tenha pleno conhecimento de seus mecanismos internos, apenas com um conhecimento superficial de causalidades. A produção de alimentos fermentados fez parte da história humana sem que houvesse conhecimento de seus mecanismos. Somente no século XIX Louis Pasteur desvendou o papel dos microorganismos na fermentação (LATOURET, 1993).

Mas, como a tecnologia se desenvolve a partir do conhecimento de fenômenos, é natural que surjam domínios de conhecimentos em áreas de natural afinidade, cada um com sua própria linguagem. Estes domínios, por sua vez, podem estar associados a áreas de pesquisa científica. E cada domínio pode assim ser considerado a linguagem de

programação daquele campo tecnológico. Porém, o conhecimento científico não é necessário para o desenvolvimento tecnológico, ainda que o estimule e dele resulte.

Ao pertencerem a diferentes domínios, tecnologias podem necessitar ser “escritas” em diferentes linguagens, tal qual um aplicativo baseado na rede mundial de computadores. Assim, é necessário que as diferentes linguagens atuem em harmonia. São necessários protocolos de interface entre as diferentes linguagens, precisa-se de uma gramática comum. Tal gramática estaria fundada, ultimamente, nos próprios fenômenos básicos que originam todas as linguagens (ARTHUR, 2012).

3.1.2. Combinação e recursividade

O desenvolvimento de um dispositivo, a partir do apoderamento de um fenômeno, pode ser combinado para gerar outros dispositivos. Daí resulta o poder do desenvolvimento tecnológico, ao permitir a combinação sequencial de fenômenos. Vincular a causa de um fenômeno ao efeito de outro pode resultar em funções distintas daquelas individualmente originais.

No mesmo sentido, dispositivos podem ser formados por sub-dispositivos cada qual com sua função particular. Isto alivia a capacidade cognitiva de compreender os relacionamentos entre subpartes e partes, entre si e umas com as outras (TULVING & CRAIK, 2000). Além disso, a subdivisão permite a substituição de componentes em caso de defeitos e geram novas possibilidades de recombinação.

3.1.3. Resultado: metabolismo

A biologia moderna entende que os genes atuam como elementos de uma linguagem de programação para a criação de diferentes formas. A tecnologia pode ser compreendida da mesma maneira. A programação estruturada de um conjunto de fenômenos resulta em diferentes produtos a partir das diferentes combinações de seus dispositivos apoderadores. Surge assim uma espécie de metabolismo, um conjunto de processos inter-relacionados em operação.

3.2.Representação do processo de inovação

3.2.1. Fenômenos previsíveis

O universo é caracterizado por padrões previsíveis. A preocupação central da tecnologia é ser capaz de identificar tais padrões. Para isso, ela se beneficia da busca científica em explicar e demonstrar como esses padrões se desenvolvem ao longo do tempo, de forma a possibilitar a realização de previsões falseáveis.

Quando a criação de um dispositivo tecnológico reproduz um determinado efeito conforme havia sido previsto, o conhecimento que o originou é confirmado, ao menos dentro de seu contexto de operação. Por outro lado, quando o conhecimento utilizado de base para a elaboração do dispositivo está errado, não se consegue utilizá-lo para criar dispositivos que efetivamente funcionem.

No entanto, a tecnologia sem a ciência é possível, só é mais limitada. A razão de ser da ciência é identificar a existência de padrões. Ela opera a partir de uma hipótese sobre um fenômeno que, se verdadeira, explicaria o seu funcionamento. O objetivo do experimento não é provar a hipótese, mas refutá-la. Se a hipótese é capaz de sobreviver ao experimento ela não é definitivamente provada, mas ganha credibilidade (POPPER, 1959).

A explicação de um fenômeno torna-se então uma teoria. Dependendo do quanto foi testada, elas podem ser consideradas apenas tentativas ou já podem estar seguramente estabelecidas (KUHN, 1997). Quando existe um consenso entre aqueles que estudaram minuciosamente um tópico, a teoria passa a constituir um campo de conhecimento científico. Quando se tornam teorias consensuais elas passam a ser chamadas, de forma não muito bem definida, de leis. Essas teorias ou leis, por sua vez, podem ou não ser expressadas por assertivas ou equações simples.

A teoria existente de evolução, desenvolvida no âmbito da biologia por DARWIN (2013), não é o caso de um princípio simples. Por se tratar de um processo contínuo com uma longa progressão de resultados, cada um baseado no resultado prévio, sua explicação não consegue ser resumida em uma assertiva simples ou um conjunto pequeno de equações. Trata-se de um princípio iterativo, que deve ser apreendido em sua complexidade. Talvez por isso não seja considerada uma lei, ainda que seja uma explicação científica poderosa e amplamente aceita (MAYFIELD, 2013).

3.2.2. A linguagem matemática

Fenômenos são descritos principalmente na linguagem matemática. Como todos os processos físicos, a teoria evolucionária é baseada em verdades matemáticas, em leis físicas. Mas ela não consegue ser expressa na forma de uma assertiva ou equação simples. Uma opção de linguagem matemática para descrever relacionamentos complexos, tal qual a teoria evolucionária, é a ciência da computação. A ciência da computação pode representar uma ferramenta poderosa para a adequada compreensão de processos evolutivos.

O poder da matemática reside em que ela pode fornecer atalhos descritivos quando um relacionamento simples existe. Porém, quando toda uma sequência de processos físicos precisa ser executada para se concluir algo sobre seu resultado, normalmente não é o caso de haver tais atalhos. A ciência da computação pode ser assim o campo de estudo que fornece as ferramentas para a simulação de processos naturais. Porém, se as condições forem muito complexas, a modelagem computacional de fenômenos pode se tornar um processo tão longo quanto os próprios fenômenos que tenta simular.

3.2.3. A matemática da computação

Tudo aquilo que é conhecido, com exceção do universo e das partículas subatômicas, são sistemas e são também partes de outros sistemas. Um sistema formado por partes pode assumir diversas configurações, a partir das possibilidades de combinação de seus subsistemas. Cada uma das configurações do sistema é considerada um estado do sistema. (MAYFIELD, 2013). Se um estado do sistema pode ser distinguido de outro estado do sistema, então o sistema é capaz de transmitir informação.

A utilidade ou não da informação que o sistema é capaz de transmitir depende da existência ou não de um segundo sistema que seja afetado, de formas específicas, quando interagindo com os diferentes estados do primeiro sistema. Assim, significados emergem de interações entre sistemas. Não havendo interação, não há significado.

O princípio básico da ciência da computação é que um estado pode ser representado por um outro estado, que não precisa estar no mesmo sistema. A computação consiste de uma representação de um método (o algoritmo), agindo em determinada representação de algum aspecto exterior (os dados de entrada), gerando uma sequência de representações internas (estados internos) e resultando em uma representação final (a

saída). Assim, simplifadamente, a computação pode ser vista como um processo em que um estado que interage com outro estado, para gerar um estado final (MAYFIELD, 2013).

3.3. A inovação enquanto evolução de sistemas de informação

3.3.1. A inovação enquanto tentativa e erro (evolução)

É possível inferir os métodos pelos quais se desenvolvem as invenções pré-históricas a partir da observação de povos “primitivos” ainda existentes. Jared Diamond descreve ter observado um profundo conhecimento por parte das tribos “primitivas” de Nova Guiné quanto ao uso de plantas, espécies animais e matérias primas disponíveis em seu meio ambiente. Observou também que todo o conhecimento daquele povo é adquirido a partir de tentativa e erro. Diz ele que o processo de experimentação é uma constante quando aqueles se afastam das áreas que dominam. À cada identificação de algo desconhecido, tocam, manipulam, experimentam, observam e, nas ocasiões em que encontram algo com potencial valor, levam consigo para o seu território. O mesmo processo de busca de utilidades ocorre com os artefatos que Diamond carrega consigo em suas expedições. Latas de alumínio se tornam repositórios e outros objetos são testados para fins diferentes daqueles para os quais foram construídos. Lápis amarelos viram ornamentos em lóbulos de orelha ou septos nasais. Cacos de vidro afiados tornam-se facas (DIAMOND, 1999). E assim são descobertos propósitos para as diferentes coisas do mundo.

Exemplos de histórias de tentativa e erro não são restritas ao passado, existindo também nas sociedades pós-medievais. Químicos do século XIX descobriram que determinada fração da destilação de petróleo era útil como combustível para lamparinas. A fração mais volátil era considerada um subproduto de descarte. Até que um dia, com o surgimento de novas tecnologias, identificou-se que este subproduto indesejado era um combustível apropriado para os modernos motores de combustão interna: foi “descoberta” a gasolina.

Diamond diz que seus estudos antropológicos relacionados ao surgimento de novas tecnologias revelam que tecnologias se desenvolvem cumulativamente a partir de tentativa e erro e que, por isso, elas não ocorrem através de atos heroicos individuais. Assim, boa parte das utilidades para tecnologias não são fruto da reflexão deliberada para o projeto de um novo artefato, mas sim são utilidades identificadas após sua

invenção. A partir das características que o artefato possui, encontra-se uma ou mais funções, que não são inerentes ao objeto, mas dependentes de seu contexto.

3.3.2. O propósito como resultado do processo de seleção

Como dito anteriormente, sistemas finitos de elementos discretos (isto é, sistemas com partes) são caracterizados por um número finito de configurações possíveis. Desta forma, as possíveis influências que um sistema pode exercer em um segundo sistema são também finitas. A capacidade de um sistema para exercer determinadas influências sobre um outro sistema é uma medida de capacidade de transmissão de informação.

A grande dificuldade na aceitação da população em geral com relação à teoria da evolução de DARWIN (2013) talvez resida no conceito de propósito. Uma sequência de influências exercidas por um sistema em outro sistema pode ser vista em termos de propósito ou ajuste. Toda instrução, por definição, é direcionada à criação de algum resultado específico. Cada determinado estado de um sistema terá um efeito pré-definido no outro sistema, de acordo também com seu estado e, segundo determinado pelas leis físicas, pelas causalidades envolvidas. Assim, uma sequência pré-definida de influências resulta em instruções que iterativamente afetarão o estado de entrada, seguindo uma “receita” para a produção de determinado resultado.

O resultado das instruções pode, portanto, ser descrito como servindo a algo (o propósito da “receita”) ou se ajustando a alguma circunstância (a circunstância de contorno que determina o resultado da “receita”). DENNETT (2003) chama essa segunda abordagem de sistemas inanimados de “instância intencional”. O propósito surge não necessariamente da motivação intrínseca das instruções em surgir, de um projeto deliberado. O propósito surge do resultado das etapas de seleção que formaram o conjunto de informações, ou estados.

O exemplo de DIAMOND (1999) sobre a identificação do uso da gasolina demonstra que a gasolina possui o propósito de alimentar motores de combustão interna, mas não porque foi especificamente projetada para este fim. Ela evoluiu de acordo com as contingências históricas até ser testada, mostrar-se “adaptada” e terminar por ser “selecionada” para determinada função. Eis o surgimento do propósito, resultado das contínuas etapas contextuais de seleção.

Em síntese, o propósito é resultado da seleção contínua. Ela é responsável por acumular as variações que serão transmitidas de geração em geração. Conforme a repetição do processo, cada geração irá apresentar mais características que refletem as seleções anteriores. Objetos que resultam da execução de instruções atendem ao propósito resultante de algum critério de seleção (DENNET, 2003).

Um serralheiro deve seguir uma série de instruções para criar uma chave de fenda. Mas as instruções não são somente aquelas contidas no desenho técnico. Devem reunir também todas as instruções necessárias para a mineração de ferro, fabricação de aço, modelagem de plástico, assim como as instruções necessárias para a manufatura de todas as ferramentas que fazem parte do processo. Mas isso não basta, pois seres humanos também são necessários para o processo, mas a genética moderna esclarece que o corpo humano é também resultado de instruções. Toda essa vasta série de instruções resulta no propósito de que chaves de fenda se ajustam bem tanto à mão humana quanto a um parafuso (MAYFIELD, 2013).

Padrões relativamente complicados podem surgir de regras simples operando em entradas também simples (uma tempestade), mas muitas das possíveis configurações de regras simples atuando sobre entradas simples não irão produzir nenhuma estrutura (WOLFRAM, 2002). São fenômenos se manifestando aleatoriamente no espaço, como um copo de água e suas diversas moléculas que se chocam aleatoriamente. Como Einstein explicou sobre o movimento browniano, existe a probabilidade, ainda que pequena, de que estados aleatórios se combinem para produzir um efeito conjunto e empurrar um grão de pólen. Computacionalmente, porém, para gerar uma estrutura complicada, muitas vezes é necessária uma entrada complexa operando sob regras simples ou regras simples operando sob uma longa série de instruções (uma chave de fenda).

As instruções, por definição, possuem a finalidade de pré-especificar algo. As leis da natureza também são especificações de determinada espécie. Mas elas são simples, universais e não são, em princípio, focadas em resultados particulares. Em contraste, as instruções são complicadas, não universais e levam a resultados que são voltadas para algo específico.

Estruturas resultantes por pura e simples aplicação das leis da química e da física, agindo desorganizadamente em condições iniciais razoavelmente prováveis, podem até ter efeitos impressionantes, como o surgimento de uma tempestade. Surgem de combinações probabilísticas de efeitos simples. Mas somente as leis químicas e

físicas operando de forma desorganizada não explicam toda a vasta existência. É preciso que informação adequadamente organizada direcione a formação de objetos altamente improváveis. Sem essa informação extra, sem a organização sequencial de instruções, a natureza se limita a explorar o mais provável de uma infinidade de estruturas potenciais. Mas se a natureza usa um conjunto de instruções apropriadas, qualquer estrutura logicamente permissível pelas leis naturais é atingível, não importando o quão improvável possa parecer. Supondo, é claro, que os recursos necessários estejam disponíveis (DAWKINGS, 1986).

Como fica claro no estudo antropológico de DIAMOND (1999), o único procedimento conhecido capaz de produzir instruções, quando já não se conhece tal organização de estados previamente, é a “tentativa e erro”. Neste caso, percebe-se que a evolução não está restrita ao campo biológico, mas que se trata um processo amplo. A evolução compreende toda a classe de atividades que acumulam informação útil a partir de uma estratégia computacional particular.

Sob todos os processos evolutivos há ciclos computacionais que extraem informação proposital não-aleatória de pequenas e frequentes mudanças aleatórias. A evolução funciona fazendo pequenas alterações em um corpo de conhecimento útil já existente e retendo aquelas mudanças que resultam em aumento de utilidade, conforme considerado por determinado critério.

3.3.3. A evolução representada como uma computação

De acordo com a teoria da evolução, todas as entidades biológicas são compostas de partes menores e mais simples que incessantemente se combinam e se separam. Essas entidades evoluíram gradativa e seletivamente como resultado de novas combinações e divisões de corpos de informação.

No centro de um sistema evolutivo está uma computação probabilística que tem a propriedade de extrair informação propositiva de eventos aleatórios repetitivos. Quando a computação é empregada para agregar instruções, de forma a obter uma estrutura organizada, tendo em vista determinada função, uma retroalimentação pode ser estabelecida. O papel da retroalimentação é que qualquer alteração nas instruções que gerem uma melhoria nas estruturas ou ações, conforme especificadas pelas instruções, sirvam de base para futuras melhorias (MAYFIELD, 2013). Ou seja, a retroalimentação permite a acumulação contínua de melhorias.

As cinco seguintes características que são compartilhadas por todos os processos evolutivos são:

1. **Entidades:** São algum sistema unitário;
2. **Características hereditárias:** Aspectos de cada entidade que são especificadas por informação codificada de alguma forma como parte da entidade;
3. **Reprodução ou cópia:** A informação codificada associada com cada entidade é uma cópia da informação associada de entidades prévias;
4. **Mecanismo de mudança:** A cópia, reprodução ou manutenção da informação deve prover uma oportunidade para pequenas mudanças. A mudança pode, mas não precisa, ser simplesmente a ocorrência de erros durante a cópia;
5. **Seleção:** baseada nas características resultantes das informações codificadas.

As entidades, seguindo esse processo, acumularão informação relevante para satisfazer, com a maior proximidade possível, ao critério de seleção. Pela experimentação de pequenas e não muito improváveis alterações, e pela acumulação das melhores, algumas características inicialmente muito improváveis podem se desenvolver. Assim, qualquer resultado permitido pela química e física pode ser elaborado a partir das instruções e condições iniciais adequadas (DAWKINGS, 1996).

Um exemplo de tal interpretação resulta em um conceito computacional importante para compreender o papel das tecnologias: o conceito de profundidade. Objetos profundos são aqueles que demandam muitas computações (muito tempo) para serem gerados.

A tecnologia, sob essa ótica, consistiria de objetos complexos que são armazenados para diminuir a profundidade da geração de outros objetos. Hipoteticamente, quando um ser humano desarmado encontra um leão, provavelmente não poderá escapar. Mas ele poderia, em princípio, se dispusesse de uma arma. A restrição é que uma arma leva muito tempo para ser criada e certamente não haveria tempo para desenvolvê-la a no momento do encontro com o leão. Porém, este tempo poderia ter sido gasto com antecedência. A arma não precisaria ser fabricada no momento do encontro se já fosse portada. A complexidade inerente à arma é, portanto, criada e depositada, para eventual necessidade futura, na forma de estrutura potencialmente útil. Essa estrutura útil acumulada permite respostas rápidas, que seriam impossíveis na sua ausência (MAYFIELD, 2013).

O aspecto da complexidade que permite essas respostas rápidas, mas computacionalmente intensivas, é a chamada profundidade.

Segue-se que objetos profundos só podem ser criados rapidamente a partir de entradas profundas pois, mesmo que seja possível criar um objeto profundo a partir de uma entrada simples (apesar de improvável), neste caso seria necessário um grande tempo computacional (BENNET, 1988).

A capacidade de permitir respostas rápidas pode indicar que entidades profundas podem ser favorecidas em algumas situações evolutivas. As respostas superficiais (isto é, de pouca profundidade), por definição, devem ser aleatórias ou altamente repetitivas. Ações aleatórias ou repetitivas não são frequentemente as mais eficazes para enfrentar contextos dinâmicos. Devido a isso, estruturas profundas que produzem respostas complexas rápidas devem ser favorecidas pela seleção, naquelas situações em que respostas rápidas são vantajosas e os custos associados não são muito altos.

3.4. Ciclo de vida tecnológico

3.4.1. Inovação

Tecnologias são sistemas que podem ser combinados para gerar outros sistemas. Seriam mais um trabalho de bricolagem que de engenharia.

Os elementos de um determinado conjunto determinam o conjunto de possibilidades de combinações entre seus elementos. Stuart Kauffman chama esse conjunto de combinações de “possível adjacente” (KAUFFMAN, 2002).

É possível se explorar o possível adjacente, realizando o que antes eram possibilidades. Neste caso, um elemento seria retirado de seu conjunto e adicionado ao conjunto de elementos concretos. Assim, novas combinações se tornariam possíveis no conjunto de combinatórias. Explorando-se o possível adjacente, seus limites se alargam rapidamente (JOHNSON, 2011).

Admitindo-se essa abstração, o possível adjacente pode explicar o surgimento simultâneo e independente de uma mesma inovação. Uma vez que novas possíveis combinações de tecnologias atuais surjam, pesquisadores ou inventores podem encontrá-las de forma independente e simultânea. Casos de inovações independentes e simultâneas não são raros na história da tecnologia (OGBURN & THOMAS, 1922).

Uma conclusão importante desse raciocínio é que o valor de uma tecnologia não está somente no que ela pode fazer de imediato, mas nas possibilidades de combinações

que ela desvenda. Ao permitir novas possibilidades de combinação, uma tecnologia fomenta a geração de mais tecnologia. Assim, a importância da difusão das invenções, que possibilita a realização de novas combinações, pode ser mais importante até mesmo que a própria invenção. Nesta linha, a história da tecnologia demonstra que a inovação tende de fato a ser um processo autocatalítico, se acelerando em uma taxa constantemente crescente (DIAMOND, 1999).

Por outra perspectiva, a tecnologia não desvenda somente novas soluções. Ela revela também uma série de novos desafios, que por sua vez demandam ainda mais tecnologia. Esses novos desafios formam nichos de oportunidade para o desenvolvimento de novas tecnologias. A dificuldade que limita as oportunidades é que, em geral, os novos desafios não definem seu possível adjacente de uma maneira tão clara, tão tangível.

Assumindo essa abstração, conclui-se que tecnologia cria a si mesma, com a atuação de humanos, inventores e desenvolvedores, tal qual um recife de coral cria a si mesmo a partir das atividades de micro-organismos. O termo cunhado por Humberto Maturana e Francisco Varela para descrever sistemas com esta característica é “autopoiese” (ARTHUR, 2011). O sistema tecnológico seria, portanto, um sistema autopoietico.

E já que o possível adjacente se faz quando há probabilidade de conexões entre os diferentes elementos existentes, a questão importante para se estimular a inovação tecnológica é: como aumentar a probabilidade de que ocorram conexões entre elementos do conjunto de tecnologias.

Por um lado, as conexões podem ocorrer na mente de um único indivíduo. Neste caso, quanto maior seus conhecimentos e capacidade intelectual, maior a probabilidade de ocorrer combinações de elementos na sua imaginação. A aquisição de conhecimentos exige um ambiente adequado para praticar a criatividade (tentativas de novas combinações) e a valoração sobre a precisão do aprendizado (uma compreensão clara e adequada do que se espera que resulte das tentativas realizadas). Quando esse ambiente existe, o conhecimento se desenvolve e os julgamentos e escolhas que vêm à mente terão maior probabilidade de estarem corretos. (KAHNEMAN, 2011)

Por sua associação com o campo científico, o processo de acumulação de informação que leva à inovação está contido não só na prática da engenharia, mas também nas universidades, associações, empresas, periódicos, entre outros. (MOKYR,

2013) Todos esses são ambientes de geração, combinação, modificação, seleção e difusão de dispositivos e conhecimentos tecnológicos.

O estado ótimo de operação mental, em que uma pessoa encontra-se pacificamente imersa em suas atividades, foi batizada por CSIKSZENTMIHALYI como “fluxo” (2008). Essa mesma noção pode ser aplicada aos sistemas tecnológicos. A inovação ocorre quando há fluxos, tanto individuais quanto sociais, de informação. O fluxo de informação permite a difusão do conhecimento de diferentes dispositivos tecnológicos, aumentando a possibilidade de que se estabeleçam ainda mais vínculos entre elementos tecnológicos.

Ou seja, as conexões, além da possibilidade de ocorrer na mente de um único indivíduo, podem ocorrer também no âmbito social. Assim, a diminuição da dificuldade para trocas de informações entre diferentes pessoas aumenta sensivelmente o possível adjacente. Tecnologias de transporte, urbanização e telecomunicações são exemplos de tecnologias que facilitam a troca de informação entre diferentes pessoas. Com uma maior rede social trabalhando na combinação de elementos, maior a possibilidade de se revelar uma nova combinação que se mostra útil em determinado contexto. Assim, tecnologias que facilitam o fluxo de informações estimulam o desenvolvimento de outras tecnologias, reforçando a noção de que o sistema tecnológico é autopoietico.

A teoria sociológica de redes demonstrou que não é necessário que exista uma ligação social forte para que se aumente o fluxo de informações. Como consequência, não é necessário que existam ligações fortes para aumentar a difusão tecnológica, o que aumenta ainda mais a quantidade de elementos no espaço do possível adjacente. Grandes incrementos no fluxo de informação podem ser resultado de laços fracos, em que um vínculo social superficial faz surgir um fluxo de informação novo e inesperado (GRANOVETTER,1973). Não raro, inovações ocorrem em simples reuniões de laboratório ou congressos, em que há a troca de informações e o problema que impede o progresso de uma proposta pode ser facilmente resolvida pela solução de outro colega distante, a partir de uma linha de trabalho que em princípio não estaria relacionada com a primeira.

Como demonstrado no caso do laboratório, a inovação pode ocorrer em ambientes compartilhados. A estes ambientes o sociólogo OLDENBURG (2002) chamou de “terceiro lugar”. O terceiro lugar seria um ambiente conectivo distinto da casa ou do trabalho. Na era do Iluminismo, o café inglês do século XVIII fertilizou

incontáveis inovações, das mais diversas, desde a ciência da eletricidade até a própria democracia, passando pela indústria dos seguros (JOHNSON, 2011).

O poder que resulta do aumento do fluxo de informações ficou conhecido nas ciências sociais como “capital social”. (ADLER & KWON, 2002). O capital social é, assim, uma fonte de estímulo para inovações.

Como nos exemplos da prensa de Gutenberg e da “descoberta” da gasolina, artefatos projetados para determinado fim podem encontrar uso em outro contexto. O termo “exaptação” é utilizado na biologia para descrever o processo pelo qual uma função evoluída com um propósito específico acaba sendo depois apropriada para uma função completamente diferente (GOULD & VRBA, 1982).

Até agora viu-se que o possível adjacente se beneficia de conexões selecionadas com determinado propósito. O sistema tecnológico é autopoético, cria a si mesmo. Tecnologia gera a possibilidade de mais tecnologia. Conhecimento pessoal, capital social, acaso, erro, exaptação, todos são fatores que contribuem para o processo de inovação.

O processo de inovação pode se beneficiar de colisões, de descobertas improváveis e da exaptação, desde que tenham algo em que se ancorar. O acaso e a existência de erros representam um papel importante na inovação. A rigidez excessiva para o estabelecimento de conexões mantém o possível adjacente restrito. Mas assim como na evolução biológica, o acaso só se faz útil na presença da seleção. Não basta que ocorram conexões aleatórias entre elementos.

Os seres humanos possuem capacidade cognitiva limitada para processar informação e quando a quantidade de informação disponível supera sua capacidade de processamento, ocorre queda na qualidade de seu processamento (SPEIER *et al.*, 1999). É razoável extrapolar que sistemas sociais também possuem capacidade cognitiva limitada, em um sentido de processamento distribuído, e que podem ter seu desempenho afetado por excesso de informação. Assim, impossível tentar todas as combinações possíveis para descobrir a ótima. É necessário estabelecer um critério de seleção com estabilidade suficiente para que, ao escolher as entidades mais capazes, se acumule informação útil, de forma a respeitar os limites de processamento da rede.

Esta característica (de que variabilidade demais não permite a acumulação de instruções úteis e variabilidade de menos faz com que a evolução seja demasiadamente lenta) leva à conclusão de que a inovação estaria no limite entre o excesso de ordem (rigidez demais para o estabelecimento de conexões ou com seleção em descompasso

com a estrutura em vigor) e o caos (combinações desestruturadas, com elevado grau de aleatoriedade, sem seleção) (LANGTON, 1990).

3.4.2. Adoção e Difusão

PLANCK (2012), em sua Autobiografia Científica, disse que uma nova verdade científica não triunfa convencendo seus oponentes de seus méritos, mas sim porque seus oponentes eventualmente morrem e logo nasce uma nova geração que cresce familiarizada com a nova verdade.

Uma vez que um inventor tenha descoberto uso para uma nova tecnologia, o próximo passo é convencer a sociedade a adotá-la. Porém, o mérito nela embutido não é suficiente para garantir que será logo aceita.

Em geral, quatro fatores podem representar obstáculos para a difusão de novas tecnologias:

1. O primeiro e mais evidente é o **grau de ajuste** que uma nova tecnologia pode apresentar em relação às tecnologias existentes. Segundo DIAMOND (1999), a roda teria sido descoberta por americanos nativos, no atual México, mas elas foram usadas somente como brinquedos, não como transporte. Supõe-se que, como não haviam animais domesticados, a vantagem apresentada sobre os carregadores humanos não se mostrou suficientemente atrativa.

2. Um segundo fator é **psicológico**. O valor social e o prestígio podem suplantar diferenças econômicas. Sistemas de escrita logográfica, como o japonês, apresentam sérias desvantagens frente aos sistemas alfabéticos. Dado que cada logograma representa uma palavra, são necessários muitos logogramas na língua japonesa, dificultando sua memorização e utilização. Apesar das desvantagens, diferentes países mantêm seus sistemas logográficos. Um antigo princípio tecnológico pode permanecer simplesmente porque seus praticantes não estão confortáveis com a novidade. Seres humanos possuem um quadro de referência que é construído a partir de seu conjunto de expectativas e experiências. Eles percebem o mundo com base nesta referência. Uma alteração brusca deste quadro põe em risco o próprio sentido de identidade, representando uma “dissonância cognitiva” que torna a novidade desconfortável (FESTINGER, 1957). Assim, quanto maior a distância entre uma novidade e o quadro de referência do indivíduo, maior a dificuldade de aquela ser adotada. Esse desnível emocional entre o potencial do novo e a segurança do antigo

pode se manifestar de forma reforçada entre os participantes que compartilham um determinado ambiente social.

3. O terceiro fator é conhecido como efeito “*lock in*”. Por motivos econômicos, mesmo que uma nova tecnologia apresente desempenho superior à anterior, adotá-la depende das estruturas circundantes e das organizações. Isto pode ser caro ou contrariar interesses e, portanto, tornar-se impeditivo (ARTHUR, 1989). O teclado QWERTY, por exemplo, foi criado para diminuir a velocidade de digitação, visando evitar que máquinas de escrever emperrassem suas teclas. Quando o problema do emperramento deixou de existir, o desenho QWERTY já havia sido sedimentado entre digitadores, professores de digitação, vendedores e fabricantes (ROGERS, 2003). Ainda que estudos tenham demonstrado que outras configurações de teclado podiam dobrar a velocidade de digitação e reduzir o esforço de digitação em até 95% (DAVID, 1985) os antigos interesses impediram a adoção de qualquer inovação. A nova tecnologia, em sua imaturidade, não foi capaz de substituir a antiga tecnologia.

Assim, conclui-se, de forma simplificada, que, para ser adotada e difundir-se, uma nova tecnologia deve se adaptar ao seu ambiente tecnológico, social e econômico.

3.4.3. Aprofundamento estrutural

Uma vez que uma tecnologia esteja estabelecida, ela pode encontrar dificuldades em determinada aplicação. Para contornar obstáculos, pode-se adicionar complexidade ao dispositivo, adicionando novas partes ou novos subsistemas que alteram o seu funcionamento interno, de forma a permitir determinada nova aplicação ou adaptação de sua estrutura a novas condições. ARTHUR (2011) chama esse efeito de “aprofundamento estrutural”.

3.4.4. Decadência e substituição

Eventualmente, nem a substituição de partes nem o aprofundamento estrutural é capaz de adaptar a tecnologia ao novo ambiente e a tecnologia atinge sua maturidade. Assim, torna-se necessária uma nova tecnologia.

Há, portanto, um ciclo natural tecnológico. Um novo princípio surge. Ocorre o seu desenvolvimento, surgem limitações, sua estrutura cresce em complexidade e se torna mais elaborada. A estrutura socioeconômica circundante e a familiaridade profissional sedimentam o princípio e sua base tecnológica. Novos propósitos e circunstâncias

alteradas surgem e são acomodadas pelo aprofundamento estrutural desta tecnologia. Mais elaborações surgem. Eventualmente o antigo princípio se torna tão elaborado que fica além dos seus limites e dá lugar a um novo. O novo princípio é mais simples, inicialmente, mas se torna mais complexo com o passar do tempo. E assim os paradigmas tecnológicos se renovam.

3.5. Desenvolvimento econômico

ARTHUR (2011) demonstra o relacionamento entre a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico, que a partir de agora se tentará sintetizar. Para que uma inovação se transforme em vetor de desenvolvimento, ela deve evoluir em paralelo com um conjunto de conhecimentos, atividades, processos, organizações e instituições que a suportem. Assim, não basta que a uma nova tecnologia seja desenvolvida. É preciso que todas as atividades de seu contexto se organizem em torno desta nova tecnologia.

Em contrapartida, a inovação deve ganhar adeptos e prestígio, precisa encontrar propósitos e usos. A tecnologia central deve remover obstáculos e preencher lacunas em seus componentes. Deve desenvolver tecnologias de suporte que se interligam com outras tecnologias. É preciso conhecer e entender o fenômeno apoderado pelo dispositivo e sua teoria. Mercados devem ser encontrados, e a estrutura econômica existente deve ser adaptada para fazer uso deste novo domínio.

E, além de todos esses requisitos, o velho domínio deve reconhecer este novo domínio e se familiarizar com suas novas práticas. O que significa que engenheiros devem se familiarizar com a nova “linguagem de programação”. Tudo isto deve ser financiado por instituições, pela gestão, pelas políticas de governo e pela disponibilidade de pessoal treinado no novo domínio.

Dessa forma percebe-se que o processo de inovação não ocorre no tempo que as pessoas levam para perceber a nova tecnologia e adotá-la, mas sim pelo tempo que leva para que as estruturas econômicas existentes se reestruturem para se adaptar ao novo domínio. Enquanto essas transformações não ocorrem, a velha tecnologia sobrevive, apesar de ter sua inferioridade reconhecida.

É certo que há mais em uma economia do que suas tecnologias. Além de dispositivos e processos, há estratégia de negócios, investimento, risco, troca. Todas essas são atividades, tomadas de decisão, e não tecnologias. O desenvolvimento ocorre quando engenharia e economia coevoluem, quando há a disponibilidade de um novo

fenômeno apropriado pronto para ser utilizado, e que apresenta um custo que o mercado está disposto a pagar para atender ao propósito em questão. Esta é a teoria de Brian Arthur.

3.6.Considerações finais do capítulo

A previsibilidade da realidade torna possível que se identifique padrões. Fenômenos naturais podem ser compreendidos e apropriados em um dispositivo projetado para reproduzir esse fenômeno. Assim, os dispositivos podem ser combinados recursivamente de forma a estruturar organizadamente os fenômenos e obter diferentes efeitos. Este seria o processo de desenvolvimento tecnológico. Desta forma, é possível traçar um paralelo entre desenvolvimento tecnológico e processos evolutivos.

A linguagem matemática apropriada para descrever processos evolutivos é a ciência da computação. A evolução pode ser representada por um algoritmo evolutivo. Os fenômenos tecnológicos, quando organizados, formam uma instrução. Cópias de instruções com pequenas alterações podem então ser avaliadas e selecionadas. A recorrência deste processo faz com que sejam acumuladas melhorias, chegando o mais próximo possível do critério estabelecido pela seleção. Desta forma, a inovação assume o propósito estabelecido pela seleção. A tecnologia permite acumular informações, e esta propriedade é chamada de profundidade. Além disso, como a tecnologia assume os propósitos da seleção, pode ser vista através da ótica da instância intencional.

A tecnologia segue o ciclo de vida de inovação, adoção, difusão, aprofundamento estrutural, decadência e substituição. O desenvolvimento econômico ocorre em coevolução com a tecnologia.

4. POLÍTICAS PÚBLICAS

Neste capítulo, apresenta-se uma breve fundamentação histórica relacionada à formação do Estado moderno e quais seriam as funções que o caracterizam. Por fim, discute-se o papel das políticas públicas dentro da estrutura do Estado.

4.1. Desenvolvimento político

4.1.1. *Evolução cultural*

O desenvolvimento político pode ser considerado uma computação evolutiva em diferentes aspectos. A evolução é baseada, simplificadamente, em dois princípios: variação e seleção. As instituições políticas se desenvolvem de forma variada. E como resultado de interação com seu ambiente e de competição com outras formas de instituições, algumas sobrevivem e outras sucumbem (FUKUYAMA, 2014). Essa decadência ocorre quando instituições se mostram incapazes de se adaptar a mudanças em seu entorno ou encontram alternativas que a suplantam.

Mas a evolução das instituições não é somente aleatória, pois os seres humanos são capazes de exercer alguma influência intencional sobre a sua estrutura. Porém também não é completamente planejada, dado que os seres humanos não são capazes de prever com razoável certeza os resultados de todas as suas ações. E, como fruto dessa incapacidade, devem aprender com seus erros e corrigir as instituições e políticas em um processo iterativo.

Sob condições locais, instituições inicialmente semelhantes podem divergir em suas características, resultando em novas “espécies”. No processo geral de evolução, espécies diferentes podem evoluir características similares, pelo simples fato de que precisam resolver problemas também similares. Assim, povos isolados em diferentes locais do planeta desenvolveram diferentes instituições que guardam diversas semelhanças entre si.

Antes mesmo de Darwin, Auguste Comte e Herbert Spencer haviam escrito sobre a evolução das culturas (MAYFIELD, 2013). DARWIN (2004), além da evolução biológica também abordou o avanço das culturas em seus trabalhos, mas este não tentou ligar explicitamente a evolução cultural e a seleção natural. O desafio então coube à DAWKINS (1990). Dawkins, com foco no papel dos replicadores, cunhou o termo meme para fazer uma primeira analogia entre a evolução biológica e a cultural. Embora

não tenha se tornado uma teoria científica rigorosa, este conceito demonstrou ser um poderoso instrumento de retórica. BLACKMORE (2008) segrega um tipo específico de meme, que ela chama de teme, chamando a atenção para a replicação da tecnologia por mecanismos darwinianos.

A noção mais geral de que a sociedade se baseia em informações compartilhadas permite a hipótese de que a cultura também evolui de maneira darwinista. Para testar essa hipótese, basta que se considere a menor unidade de informação, o meme, como um bit. O bit, sendo um estado identificável, pode ser considerado como uma partícula indivisível de informação. E do bit, surgiu a computação, que demonstra que um conjunto de bits pode evoluir com um algoritmo genético. A evolução cultural seria como uma sequência iterativa de computações que evoluem.

Fundamentalmente, a informação que sustenta as instituições sociais reside na cabeça das pessoas. Memórias podem ser complementadas por informações impressas ou digitais, mas, como a informação se processa estritamente na mente humana, sua evolução depende daquilo que as pessoas se lembram. A cópia necessária para que a evolução social ocorra envolve a comunicação de informações de pessoa para pessoa. A informação pode ser falada, escrita ou codificada, mas, se não foi absorvida e lembrada pelo receptor, ela não foi copiada. Livros em bibliotecas não são suficientes para fazer evoluir uma sociedade. Para que a evolução ocorra, as pessoas devem lê-los, se lembrar das informações e comunicar o que apreenderam, de forma iterativa (MAYFIELD, 2013).

A modificação de informações, critério para a evolução, seria resultado, entre outros, do fato de que a memória humana é falha. Além disso, ao serem absorvidas, as informações colidem com outras informações e interagem, modificando-se mutuamente. Talvez a maior dificuldade desta hipótese seja compreender como as informações retém suficiente estabilidade para retornar com semelhança suficiente para que ocorra o processo de seleção.

Além da estabilidade, outra característica fundamental para a evolução é a seleção consistente. Ou seja, é necessária a existência de uma comunidade com critérios mínimos de semelhança cultural. Os critérios de seleção podem até mudar, mas se mudarem muito a seleção não será cumulativa. E como garantia de que os critérios de seleção sejam relativamente estáveis, os cientistas cognitivos dizem que mentes humanas tentam impor ordem ao mundo através da construção de narrativas e modelos mentais. Assim, quando essas interpretações da realidade se tornam amplamente

compartilhadas entre as pessoas de determinada comunidade, elas estabelecem visões de mundo persistentes o suficiente para fornecer uma base consistente de seleção de novas ideias. Portanto, a troca de informação entre seres humanos que fazem parte do mesmo contexto social faz com que sua cultura, dado que guarde suficiente grau de coesão, evolua no mesmo sentido que organismos biológicos (MAYFIELD, 2013).

4.1.2. História social

Desde que os humanos modernos divergiram dos antepassados há 7 milhões de anos, eles se alimentaram da caça e da coleta de espécies selvagens. Apenas 11 mil anos atrás alguns grupos começaram a domesticar animais e plantas. Por sua vez, quase todo o consumo atual de comida é resultado da produção humana, seja produção própria ou de terceiros.

O aumento da disponibilidade de calorias significa mais pessoas. O estilo de vida sedentário fixa os grupos humanos em determinada localidade, resultando em maior densidade populacional. O excedente calórico é essencial para a manutenção de especialistas de outros ofícios, dado que estes não produzem sua própria alimentação (DIAMOND, 1999). Permite-se assim o surgimento de uma elite política dedicada exclusivamente a sua atividade. Grandes sociedades agrárias evoluem para tornar-se reinos. Os reinos, complexas unidades políticas, são mais capazes tanto de se organizar para a guerra e conquistar, como para defender-se de outros grupos, aumentando sua capacidade de resistir e prosperar.

O surgimento de unidades políticas está relacionado com os conflitos que resultam da dificuldade de manutenção de vínculos pessoais com muitas centenas de pessoas. A resolução de conflitos entre desconhecidos torna-se importante quanto maior o grupo, pois deixa de haver vínculos de família ou amizade que tendem a amenizar conflitos interpessoais. Para permitir a convivência em grupos, a natureza humana desenvolveu meios para estimular a sociabilidade humana. Vínculos de parentesco ou de cooperação mútua (RIDLEY, 1998) aumentam a empatia entre membros de um grupo, diminuindo a chance de conflito. Todos os seres humanos gravitam no sentido de favorecer parentes e amigos com os quais trocaram favores, a menos que sejam fortemente incentivados a fazer o contrário (FUKUYAMA, 2013). Porém, na ausência destes laços, cresceu a demanda por uma instituição externa para julgar litígios. A

sociedade evoluiu, dessa forma, de um acordo de “status” para um acordo de “contrato” (HENRY MAINE, 1963).

Uma possível fonte de litígio resulta das primeiras formas de acumulação de riqueza, que surgem nesse tipo de sociedade. A propriedade gera conflitos e também resulta na demanda por uma proteção institucional (SMITH, 2012).

Além de servir de fonte de consumo de proteínas, a domesticação animal também revolucionou o transporte terrestre, sendo o principal meio de transporte neste modo até o desenvolvimento de ferrovias no século XIX. Com o surgimento do transporte animal, os excedentes de alimentos puderam ser transportados por esses animais, fazendo surgir o comércio e estimulando a conexão entre sociedades complexas.

Assim, as tecnologias puderam ser produzidas e difundidas. Naqueles locais em que a difusão foi maior, a tecnologia se autocatalisou e o desenvolvimento foi acelerado (HARARI, 2015).

Finalmente, o transporte marítimo, movido pela força dos ventos, uniu culturas isoladas, formando uma única sociedade global. Porém, ainda hoje se buscam formas de resolver conflitos de interesse entre diferentes nações.

4.2. O Estado

4.2.1. Poder de coerção

Ao viver em sociedade, os homens abdicam de alguns direitos em troca dos privilégios da convivência. Emergem regras de conduta geral, criadas pelo grupo, que devem ser aplicadas sobre todos. Quando os grupos crescem, dividem-se as tarefas, e alguns assumem o papel pela organização. A organização envolve a formalização de regras, sua execução e a resolução de conflitos de interesse. Com o crescimento da estrutura, o subgrupo responsável pela organização cresce e cada vez mais delegação é necessária. A estrutura de organização se torna mais complexa até se tornar um Estado (MOTTA, 2013).

O Estado é, resumidamente, uma superestrutura que emerge para administrar um grupo. Trata-se de uma ideia evoluída pelo homem, cujas estruturas se tornam elaboradas ao ponto de se transformar em um “monstro” com sua própria individualidade, ao qual HOBBS (2008) chamou de Leviatã. O Leviatã assume a

tarefa de conduzir condutas, determinando que pessoas façam ou deixem de fazer alguma coisa.

Hobbes descreve o homem como marcado por três características centrais: a competição, a desconfiança e a glória. Todas seriam fontes de dissenso: a busca por lucro, a desconfiança em relação à segurança e a busca por reputação. O poder comum visaria a controlar esses impulsos naturais, frutos das sensações e emoções (FERREIRA *et al.*, 2013).

Hobbes compara a sociedade humana com comunidades biológicas organizadas, como formigueiros, e se pergunta como aquelas comunidades tão hierarquizadas e complexas conseguem conviver em harmonia. Conclui que os homens tem instintos primários que resultam em conflitos, como a raiva e a ambição. Assim, a fórmula hobbesiana diz que deve-se renunciar a uma parte da soberania individual, em benefício de um poder maior e exterior, para que se esteja protegido dos instintos primários dos outros (BURSZTYN & BURSZTYN, 2013). Essa seria a condição da paz.

ROUSSEAU (2008) separa o que chama de homem natural do homem social para tentar identificar as suas fontes de interesse: particular, egoísta, guiado por seus instintos naturais; e o cidadão. Esses interesses podem divergir, chegando ao ponto que o homem considere que deixar de cumprir determinado dever ao grupo será muito menos oneroso ao grupo do que é oneroso a si o seu cumprimento. Assim, para Rousseau, existe um contrato social não de submissão, mas de associação (FERREIRA *et al.*, 2013).

Já para Locke, o objetivo do contrato social é a preservação da propriedade, que compreende a vida, a liberdade, os bens e posses. Como consequência, a renúncia aos direitos naturais é apenas parcial, pois compreende somente o direito de fazer justiça por si mesmo (BOBBIO, 2003). Ou seja, deve abdicar de usar a força, de julgar e punir os que ameaçam direitos de propriedade .

WEBER (2003) define, em última análise, o Estado moderno como “uma comunidade humana que pretende com êxito, o monopólio do uso legítimo da força física dentro de um determinado território”. O monopólio da força deve ser usado, nesta concepção, para promover o bem-estar, manter a ordem pública e conter a violência.

4.2.2. O primado da lei

O instrumento pelo qual o Estado exerce suas funções é a constituição. A constituição estabelece as regras e a estrutura do Estado, limitando o seu poder e fornecendo um ambiente com suficiente previsibilidade para os cidadãos (MINOGUE, 2000). O principal objetivo de uma constituição é a estabilidade, pois só assim é possível o Estado estabelecer ordem na vida social (FERREIRA *et al.*, 2013). Porém, se desvinculada de seu terreno ideológico e de sua realidade social e política, a constituição torna-se mera formalidade, perdendo seu significado (CHEVALLIER, 2013). Nesse sentido, o Estado Democrático de Direito seria aquele cuja principal função é estabelecer e assegurar o cumprimento das regras, dentro dos limites que estão rigorosamente estabelecidos na constituição (GARCIA-PELAYO, 2009).

O primado da lei significa que há um consenso em determinada sociedade e que há a percepção de que suas leis são justas. Estas leis devem reprimir o comportamento de quem quer que seja, independentemente de quem ocupe os cargos públicos. A soberania está nas leis e o governante ganha legitimidade somente na medida em que extrai seus poderes da lei (FUKUYAMA, 2013).

Para Tocqueville, o direito seria o princípio mais elevado após a virtude, estando ambas unidas em uma no Estado moderno. O direito teria permitido aos homens a se organizar em sociedade, sendo independentes sem desrespeito e obedientes sem servidão (TOCQUEVILLE, 2014).

4.2.3. Responsabilidade e justiça

Um governo responsável é aquele em que os governantes assumem a responsabilidade pelas pessoas que governam e buscam atender os seus interesses. Nas condições certas, mesmo um sistema autoritário pode produzir um governo eficaz. Sistemas políticos em que o poder não é limitado por nenhuma restrição processual, como o primado da lei ou eleições, pode ser eficaz se os líderes assumirem a responsabilidade por seu povo. Como exemplo, os reis jordanianos não são formalmente responsáveis perante seu povo, mas apresentam o cuidado de atender as demandas dos diversos grupos que formam a sociedade jordaniana. (FUKUYAMA, 2013)

Mas sistemas políticos precisam resistir a condições externas mutáveis e a mudanças de líderes. Por isso a lei e a responsabilidade política são ambas desejáveis, são necessárias para preservar um bom governo. Porém, o controle sobre a autoridade

do Estado propiciado pelo primado da lei e pela responsabilidade, ao reduzir as variações no desempenho do governo, impede que maus governos escapem ao controle. Mas, tragicamente, ao reduzir as variações no desempenho também limita a atuação dos melhores governos (FUKUYAMA, 2013). Ainda assim, a grande conquista do Estado moderno é possibilitar ordens políticas fortes e capazes, mas que são ao mesmo tempo obrigadas a agir apenas dentro dos parâmetros estabelecidos pela lei e pela escolha democrática. (FUKUYAMA, 2014)

Dizer que a ordem social é mantida por coerção levanta a dúvida sobre quem coage aqueles que controlam os meios de coerção. Soldados, comandantes, servidores e governantes devem acreditar em algum valor comum e anterior ao Estado. Voltaire teria afirmado que *“Deus não existe, mas não conte isso ao meu servo, para que ele não me mate durante a noite”* (HARARI, 2015). Por isso, em sociedades pacíficas, as pessoas obedecem à lei não porque fazem cálculos racionais e temem o castigo, mas porque acreditam que a lei é fundamental e justa, estando moralmente habituados a segui-la. Se considerarem a lei injusta, estarão menos propensas a obedecê-la. E mesmo uma lei considerada justa tornar-se-á injusta caso grupos de poder se isentem de seu cumprimento (TYLER, 1990).

Mas mesmo com as conquistas do Estado moderno, as sociedades não estão completamente livres de conflitos. As pessoas concordam em fazer parte de um meio cooperativo, mas não necessariamente concordam quanto à distribuição de benefícios (FERREIRA *et al.*, 2013). A escassez de recursos finitos é um possível motivo para a ocorrência de conflitos de interesse, sendo necessário que regras sociais norteiem a cooperação e evitem disputas. Somente um sentido comum de justiça torna possível a associação segura de indivíduos com objetivos e propósitos diferentes. Este sentido comum de justiça é que estabelece os vínculos da convivência. (RAWLS, 2011).

Deve-se buscar, portanto, a concepção filosófica de justiça, pois a moral e a doutrina encontram-se antes das leis. A moral expressa na doutrina resulta em direitos. KANT (2008) já havia negado o argumento pela separação da moral da esfera política. Ela deveria servir de base para o estabelecimento de instituições políticas baseadas em princípios universais. Assim O Estado não serve apenas para conduzir políticas voltadas para o interesse geral, mas antes de tudo para servir de ambiente para que a sociedade reflita sobre seus objetivos e valores, definindo o que é o interesse geral. Como diz FERRY (2015), *“[o Estado] é para a nação um pouco como o equivalente do cérebro para o corpo humano, o espaço da consciência de si.”*

4.2.4. O Estado moderno

O Estado é, portanto, constituído de três elementos: povo, território e governo soberano. O povo pode ser considerado dividido em sociedade civil e empresas. No Estado moderno, governo, sociedade civil e empresas devem regular uns aos outros: o Estado regula o mercado, por mecanismos de comando, controle e persuasão e regula a sociedade civil por meio de leis; o mercado regula o Estado e a sociedade, ditando condutas ou demandando ações; e a sociedade civil regula o mercado e o Estado, como opinião pública, consumidora e eleitora (BURSZTYN & BURSZTYN, 2013).

No Brasil, o Estado é uma pessoa jurídica de Direito Público, um ente que possui direitos e obrigações. Nas relações internacionais, possui soberania. Pode aderir a normas internacionais através da assinatura de tratados, mas mesmo estes devem estar sujeitos a Constituição Federal (KNOPLOCK, 2014).

4.3. Políticas públicas

4.3.1. Regulação

Regulação é, no âmbito das ciências políticas e de maneira simplificada, a atividade que busca garantir que as relações entre os atores de determinada sociedade se desenvolverão de acordo com os princípios daquela sociedade. É, portanto, uma atividade que busca o controle. O Estado, por ser o detentor do poder coercitivo, normalmente é o agente de regulação (BURSZTYN & BURSZTYN, 2013).

O estudo da regulação incorpora teorias econômicas e comportamentais. A teoria de “interesse público” reconhece que mercados são eficientes em alocar recursos escassos, mas que, havendo falhas de mercado, a intervenção governamental é justificada (DUDLEY, 2012). Conseqüentemente, o governo deveria focar seus esforços na compreensão das falhas de mercado e direcionar a regulação para corrigi-las.

O conceito de falha de mercado resulta da consideração de que mercados perfeitamente competitivos possuem as seguintes características: a decisão de um indivíduo não afeta o bem-estar de outros; os bens são privados; os agentes de mercado não podem subir deliberadamente os preços sem perder clientes para a concorrência; todos os participantes do mercado possuem informação absoluta sobre preços e qualidade.

A partir desse modelo ideal, economistas identificaram que as falhas de mercado são de quatro principais categorias, cada uma correspondendo ao não atendimento de um daqueles requisitos (DUDLEY, 2012):

1. **Externalidades**, que ocorrem quando a ação de um agente resulta em impactos em outro indivíduo e esses impactos não são compensados;
2. **Bens públicos**, que são aqueles cujo custo de prover uma unidade maior é ínfimo, enquanto é caro excluir um usuário extra;
3. **Poder de monopólio**, que resulta da capacidade de um agente de mercado controlar preços sem impacto na demanda;
4. **Informação assimétrica**, quando uma parte em uma transação possui melhor informação sobre um bem do que a outra parte (AKERLOFF, 1970).

Como consequência natural, a teoria do interesse público conclui que reguladores devem intervir para corrigir essas quatro falhas, quer seja internalizando externalidades, estabelecendo direitos de propriedade, regulando monopólios ou provendo informação.

Porém, outra teoria, de STIGLER, (1971) foi capaz de demonstrar que existem falhas também no processo de regulação e não somente no mercado. As premissas adotadas foram as seguintes (DUDLEY, 2012):

1. O recurso básico do governo é o poder de coerção;
2. Um grupo de interesse pode convencer o governo a usar o seu poder coercitivo para seu próprio benefício, em detrimento de outros;
3. Agentes são racionais e tentam maximizar sua utilidade.

Com tais fundamentos, Stigler elaborou a hipótese de que a regulação é estabelecida em resposta às demandas dos grupos de interesse que agem visando maximizar seu próprio bem-estar. Observou que o comportamento de reguladores é motivado pelo seu interesse em manter-se no cargo, o que requer que obtenham o máximo de apoio político. Adicionalmente, a regulação seria uma forma de redistribuição de bens e os grupos de interesse iriam competir entre si para conquistar os privilégios da redistribuição, oferecendo apoio político em troca de legislação favorável a si.

Esta teoria resulta em que regulações podem ser tendenciosas, em benefício a grupos de interesse bem organizados que buscam ganhar no processo de redistribuição de bens. A regulação seria direcionada a grupos que demonstram forte preferência em detrimento de grupos de preferências fracas. Tal tendência pode fazer com que

instituições políticas precisem se adaptar para acomodar demandas de participação, sob risco de colapsarem. Os grupos de interesse históricos e organizados tenderiam a bloquear demandas de participação de outros grupos. E a capacidade dos grupos mais novos para conquistar seu caminho para o sistema político depende, por sua vez, do seu grau de organização. Caso consigam se organizar e sejam acomodados dentro de um sistema político expandido, o sistema tenderá a permanecer estável. Se suas exigências não forem acomodadas, a despeito da organização desses novos grupos, o cenário é encaminhado para a instabilidade (FUKUYAMA, 2014).

4.3.2. Teoria da captura

Há uma teoria de que agências reguladoras são rotineiramente capturadas por seus regulados. Elas seriam criadas em momentos de comoção, mas logo o interesse na questão diminuiria. Nesse momento os regulados capturariam os reguladores, oferecendo vantagens. Buscariam alterar as regulações que as afetam, em busca de seus interesses. Enquanto o público estaria desavisado, distraído pela imensa quantidade de regulamentos além de sua compreensão, eles agiriam (RUTLEDGE, 1955).

À título de exemplo da imensa quantidade de regulamentos além de qualquer compreensão, a IMPRENSA NACIONAL (2015) informa ter publicado 75.000 páginas da primeira seção do Diário Oficial da União no ano de 2015. A primeira seção é aquela que publica atos normativos de interesse geral (leis, decretos, resoluções, instruções normativas, portarias e outros). Somente para manter-se atualizado das novas regras e pronunciamentos, um grupo interessado precisaria dedicar 2,4 pessoas para ler 40 horas por semana, durante um ano, na velocidade de leitura de quatro páginas por minuto.

Contudo, estudos mostram que a evidência utilizada para comprovar a teoria da captura costuma ser enviesada. Esses estudos relatariam casos de captura, mas deixando de lado o impacto positivo da regulação. Outros estudos, considerados menos enviesados, demonstrariam o que foi chamado de captura fraca, em que há influência de grupos de interesse, mas a regulação é capaz de mantê-lo restrito ao mercado e, em média, a regulação apresenta impactos positivos ao bem público (CARPENTER & MOSS, 2013).

AKERLOF & SHILLER (2015) fazem uma analogia, dizendo que aceitar a lógica que diz “dado que a regulação tem seus problemas, se estaria melhor sem elas”, é

como dizer que, dado que relacionamentos matrimoniais, parentais e amigáveis possuem problemas, não se deveria casar, ser pai ou ter amigos.

4.3.3. O que são políticas públicas

O campo de estudo das políticas públicas fornece uma variedade de definições para a expressão, algumas em sentido amplo, outras em sentido mais estrito. Mas todas envolvem, em algum grau, definir que política pública “é o que o governo faz” (SMITH *et al.*, 2013). A falta de uma descrição bem definida de política pública significa que diferentes disciplinas podem fazer suas contribuições. O campo já foi definido como uma “a-disciplina ou uma trans-disciplina” (PIELKE, 2004).

Um caminho para dar sentido ao complexo mundo das políticas públicas é aquele que os estudantes dos mercados traçaram para a economia, ou seja, a ciência (SABATIER & WEIBLE, 2007). Para alguns praticantes, a abordagem científica é considerada uma missão para “resgatar a política pública das irracionalidades e indignidades da política” (STONE, 1997). Mas uma ciência que busque compreender as políticas públicas deve buscar avaliar também as “irracionalidades e indignidades da política” que fazem parte do processo e incluí-las em suas teorias e modelos.

Fundamentalmente, a política pública é um estudo da tomada de decisão, dado que representa escolhas institucionais suportadas pelo poder coercitivo do Estado. Os fundamentos do estudo da tomada de decisão foram dados por SIMON (1997). O modelo de Simon considera que os homens não são atores completamente racionais, possuindo limites para a coleta e processamento de informação. Pessoas têm que lidar com informação, conhecimento das regras de contexto, capacidade de processamento e memória limitados. Como as consequências de suas possíveis ações estão no futuro, para ter racionalidade absoluta, seria preciso imaginar, ou simular, todas as possíveis contingências. Seria preciso também ser capaz de atribuir valores a elas, mas a atribuição de valor também é imperfeitamente antecipada (SIMON, 1997). Tais limitações impedem que humanos desenhem políticas públicas com total conhecimento de seus impactos (HAYEK, 2013).

As restrições cognitivas, quando combinadas com um tempo finito, resultam no que SIMON (1997) chama de “racionalidade limitada”. Em resumo, o conceito de racionalidade limitada diz que os homens têm a pretensão de ser racionais, mas são contidos por suas capacidades cognitivas finitas. Por não conseguirem ser

completamente racionais, escolhem entre opções que não são ótimas, mas são boas o suficiente para a situação. A este comportamento Simon chamou “satisficing” e, com ele, as pessoas conseguiriam resolver problemas da melhor maneira possível, dadas as circunstâncias de momento.

SIMON (1997) foi explícito ao dizer que a racionalidade limitada não implica em irracionalidade. Ao contrário da irracionalidade, a racionalidade limitada consiste de comportamento direcionado a objetivos e é adequadamente motivada. Motivada no sentido de que possui uma razão de ser, não é gratuita, aleatória.

O que isso significa é que racionalidade não é o mesmo que perfeição. A racionalidade maximiza o desempenho esperado, enquanto a perfeição maximiza o desempenho real. Segundo o campo da inteligência artificial, um agente racional deve, para cada sequência de percepções possível selecionar uma ação que se espera venha a maximizar sua medida de desempenho, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e pelos conhecimentos internos do agente (RUSSEL & NORVIG, 2013).

LINDBLOM (1959) aplicou os conceitos de Simon às políticas públicas. De acordo com Lindblom, ao invés de estudar em tábula rasa todas as questões em busca de soluções, tomadores de decisão vagueiam por medidas existentes, decidindo por pequenas modificações sobre as políticas públicas encontradas. Em suma, eles resolvem problemas do presente com base em soluções do passado. Lindblom argumenta que limitações cognitivas e restrições contextuais impedem os tomadores de decisão de articular metas bem definidas e conduzir uma ampla busca de alternativas. Por isso fazem pequenos ajustes incrementais, no que ficou conhecido como “incrementalismo”.

No fim, a adoção de políticas públicas funciona como um “ajuste mútuo”, pois os tomadores de decisão, reconhecendo as limitações institucionais, projetam pequenos ajustes para aprimorar políticas. Ao mesmo tempo, grupos de interesse não fazem grandes objeções a pequenos ajustes, permitindo que as políticas avancem.

A tendência às soluções “de sempre”, se os ajustes forem pequenos demais, podem ser prejudiciais. Os esforços do governo, ao invés de serem guiados por regras lógicas e prioridades deliberadas, acabam orientadas por processos institucionais rigidamente estabelecidos, que funcionam como hábitos (DUHIGG, 2012). Burocratas se tornam guiados por rotinas automáticas. E as ações que parecem normais hoje podem ter começado com uma escolha que fez sentido em outro contexto e que só sobrevive por falta de crítica e ajuste, mesmo tendo perdido o seu sentido.

Além da dependência à sua história, outro efeito cognitivo que possui impacto significativo sobre políticas públicas é o chamado falácia do planejamento. Um exame sobre projetos de ferrovia empreendidos no mundo ao longo de 30 anos demonstrou que em mais de 90% dos casos o número de passageiros foi superestimado. Em média, o número de passageiros foi superestimado em 106% e o excedente de custos foi de 45% (FLYVBJERG *et al.*, 2005). Os autores de planos irrealistas são motivados pelo desejo de conseguir que o plano seja aprovado. Esse efeito, associado à dependência histórica, faz com que projetos, uma vez iniciados, dificilmente sejam abandonados (FLYVBJERG, 2006). Assim, diante de um excesso de informação, burocratas tendem a selecionar aquelas que os interessam, ignorando as demais.

Planejadores deveriam empreender seus esforços no sentido de utilizar toda a informação disponível relacionada a projetos semelhantes, seus sucessos e fracassos. Não deveriam considerar somente aquelas que reforcem a hipótese pré-estabelecida. A dependência histórica mostra que, se o incrementalismo não for capaz de gerar os incrementos necessários, não haverá melhoria de longo prazo e a política pública ficará presa em rotinas e hábitos. COOPER (2006) tenta também remediar essa tendência ao apresentar um modelo de tomada de decisão para a administração pública que possui como base uma avaliação ética das propostas de ação.

Há iniciativas que buscam incorporar a economia comportamental ao campo das políticas públicas, ajudando-o a conseguir melhores resultados (ROBINSON & HAMMIT, 2011). Mas as teorias da economia comportamental ainda se baseiam em grande parte no individualismo metodológico, tratando o estudo da tomada de decisão em políticas públicas como a investigação de como indivíduos fazem escolhas, e não como instituições fazem escolhas e influenciam comportamentos.

As decisões de políticas públicas não são tomadas em um vácuo de interesse individual. Existem expectativas de que elas serão tomadas para avançar o interesse público, não apenas o interesse do tomador de decisão. O que o faria ignorar seus próprios interesses seria, ao menos em parte, explicado pelas instituições. Regras institucionais dão forma às decisões de políticas e podem resolver dilemas resultantes da abordagem de escolhas individualistas. Ao mudar arranjos institucionais, como regras e normas, é possível influenciar o comportamento individual (OSTROM *et al.*, 1994). Se organizações estão produzindo políticas ineficientes e/ou ineficazes, uma solução é redesenhar as instituições. No fim, não são os atores individuais nem as

instituições que dão forma, de forma autônoma, às políticas. O relacionamento entre eles é que dita os processos e as decisões sobre políticas (SMITH *et al.*, 2013).

4.3.4. Prevenindo a caça aos níqueis

Com o advento dos computadores, os caça níqueis passaram a ser viciantes por projeto, conforme o título do livro de SCHULL (2014). AKERLOFF & SHILLER (2015) usam este fato para traçar uma analogia com mercados econômicos. Mercados livres produzem inúmeros benefícios em troca de lucro, mas são esses mesmos lucros que motivam a criação dos caça-níqueis projetados especificamente para induzir a compulsão pelo jogo.

O pressuposto de que as pessoas são agentes completamente racionais e oniscientes fornece a fundamentação para a ideia de que as políticas públicas não devem interferir com o direito de escolha das pessoas, a menos que essas escolhas acarretem danos aos outros (KAHNEMAN, 2011).

Mas o mercado não produz só riqueza e felicidade. Ele também fornece um equilíbrio econômico adequado para empresas que buscam manipular ou distorcer o julgamento dos demandantes. Como humanos têm cognição limitada e objetivos mal definidos, e tal fraqueza pode ser explorada para gerar lucros, os mercados tenderão a usar essa oportunidade em seu benefício (AKERLOFF & SHILLER, 2015). Assim como Adam Smith disse que não é da benevolência do açougueiro, do cervejeiro e do padeiro que se obtêm o jantar, mas sim da consideração que eles têm pelos próprios interesses, Akerloff e Shiller alegam que, se existe uma fraqueza, os malevolentes podem buscar se aproveitar pela consideração que eles têm pelos próprios interesses, tanto quando o padeiro, o cervejeiro e o açougueiro.

Por isso, segundo os economistas comportamentais, a liberdade de escolha tem um custo. Este custo recai sobre aqueles que fazem escolhas ruins, assim como pela sociedade, que se sente na obrigação de ajudá-los. Embora os humanos não sejam irracionais, sua racionalidade é limitada. E como visto, o Estado evoluiu para ser o garantidor de confiança, de que as pessoas não se aproveitarão umas das fraquezas das outras. Existem pessoas dispostas a preencher lacunas de informação com desinformação, visando seu próprio benefício. As instituições seriam responsáveis por preencher essas lacunas com informação útil, sempre que possível, ao mesmo tempo em

que esclarecem as incertezas existentes sobre a informação, mas devem se preocupar em não confundir a sociedade com declarações carregadas de dúvidas.

Identificar e priorizar políticas públicas envolve necessariamente identificar e ordenar valores (ANDERSON, 1979). O objetivo último da política pública é promover o bem-estar. Mas como medir o bem-estar, o que buscar e se devem ser respeitadas as preferências dos cidadãos, independentes de quais sejam, são perguntas que devem ser respondidas previamente, para que seja possível identificar e ordenar valores adequadamente (SCHNEIDER & BUCKLEY, 2002).

O governo britânico criou um grupo de trabalho cuja missão é aplicar os princípios da economia comportamental de forma a ajudar o governo a cumprir seus objetivos de promoção de bem-estar (KAHNEMAN, 2011). Indicadores de bem-estar poderiam ser usados para orientar políticas públicas do governo e têm atraído interesse de pesquisa (BOK, 2010).

Porém, há grande objeção política à intervenção de governos em decisões particulares. As tendências chamadas “escola de Chicago” e “escola de Viena” defendem que a racionalidade humana faz com que seja desnecessário e até imoral proteger as pessoas contra suas escolhas, mesmo que sejam prejudiciais a si. Sob essa lógica, pessoas devem ser livres e devem ser responsáveis por si mesmas, mesmo que suas ações sejam contrárias ao seu bem-estar. Se mercados fossem perfeitos, a escolha livre seria a solução, enquanto o governo seria o problema. Mas a caracterização do mercado por essas escolas está incorreta: mercados não são perfeitos; existem falhas de mercado; seres humanos não são perfeitamente racionais; e há um papel sim a ser desempenhado pelo governo.

As pessoas tomam decisões com base no contexto de regras institucionais. Essas regras influenciam preferências individuais e seu comportamento resultante (OSTROM, 2007). Instituições poderiam influenciar indivíduos a fazer decisões “melhores que racionais” (OSTROM, 1998). Instituições e suas regras podem, assim, ser projetadas para resolver problemas de ação coletiva. A teoria dos jogos sugere que a única forma de resolver problemas de cooperação seria aplicar sanções externas. Contrariamente, a teoria institucional evidencia que tais problemas poderiam ser resolvidos com o uso de informação (OSTROM *et al.*, 1992). Nos casos estudados, em que se permitiu que indivíduos se comunicassem e aplicassem sanções internas, eles puderam negociar um mecanismo sancionatório que atingiu resultados quase ótimos. Em outras palavras, eles foram capazes de atingir uma política de ação eficiente sem a necessidade de força

externa. Por isso, além da regulação externa, contratos são ferramentas para solucionar problemas de cooperação.

Regras de comportamento exemplar, quando institucionalizadas, definem o comportamento de seus participantes. Com esse requisito, as pessoas fazem aquilo que consideram mais apropriado, dada a sua experiência e as contingências do momento, e fazem aquilo que melhor satisfaz suas preferências, dado o conjunto de regras, normas, suas experiências passadas e suas expectativas frente às instituições (MARCH & OLSEN, 2008). Isso implica que boas regras adequadamente institucionalizadas podem ser a chave para melhores políticas públicas. Se determinadas regras permitem aos indivíduos coordenar seu comportamento de forma a atingir resultados mais eficientes, então as instituições devem ser redesenhadas de acordo com essa possibilidade.

Nesta linha, THALER & SUNSTEIN (2009) defendem uma abordagem para ajudar as pessoas a tomar boas decisões, sem restringir sua liberdade, a qual chamam de “arquitetura de escolha”. Nela, a ação que se sabe ser melhor para o indivíduo é definida pelo Estado como a situação padrão, sendo possível que ele escolha não a adotar. Como se sabe que desviar-se da situação padrão exige maior deliberação cognitiva, implicando em maiores responsabilidades e grau de arrependimento, aumenta a probabilidade de o indivíduo escolher aquilo que lhe trará o melhor resultado. Mas mesmo quando o papel da formulação é admitido, persiste a dúvida sobre como decidir que formulação deve ser adotada. Ainda é preciso saber como determinar qual a escolha é melhor para o indivíduo.

4.4. Considerações finais do capítulo

Sistemas sociais também evoluem algoritmicamente, assim como tecnologias. A evolução biológica desenvolveu mecanismos de cooperação social como forma de sobrevivência. Da cooperação surgiram grupos maiores, até que os mecanismos naturais não eram mais suficientes. Surgiu uma estrutura criada pelo homem de ideias e conceitos, visando manter a ordem, resolver conflitos e manter a cooperação em larga escala. Assim emergiu o Estado.

O Estado detém o monopólio da força e da coerção. Sua legitimidade permite a percepção de justiça por seus comandados, conceito este que antecede o Estado. A regulação é a atividade de controle do Estado. O mercado possui ineficiências inerentes e depende de mecanismos de Estado para existir. O Estado também possui ineficiências

e pode ser capturado, mas isso não significa que não seja capaz de desempenhar seu papel.

Políticas públicas são os processos de tomada de decisão por parte do Estado. Restrições cognitivas individuais impossibilitam solução ótimas, o que também ocorre com a tomada de decisão em grupo. Porém, o ser humano não é irracional, sendo um ser de racionalidade limitada, em que seus comportamentos são orientados por objetivos. Problemas são tratados da forma computacionalmente mais eficientes, dados os limites de tratabilidade. Assim, a evolução desenvolveu heurísticas para simplificar a tomada de decisão que podem ser aplicáveis dentro de seu contexto, mas levar a resultados indesejados quando fora dele.

Políticas públicas evoluem de forma incremental e, para evitar que fiquem presas a rotinas, é necessário cuidado adicional. Além disso, é preciso que se discuta no âmbito social quais os valores devem ser buscados por tais políticas e se elas estão mesmo vinculadas ao objetivo último do bem-estar de todos.

Por conta da racionalidade limitada, é possível ao Estado arquitetar contextos para influenciar o comportamento humano. Porém, existe uma questão moral que deve ser discutida e resolvida no âmbito institucional.

5. HEURÍSTICAS E MORALIDADE

Neste capítulo, discute-se os limites da racionalidade para o modelo do homem econômico, assim como o papel das heurísticas desenvolvidas ao longo da evolução para lidar com tais limitações.

Discute-se ainda, com base na existência de tais heurísticas, qual seria o papel da moralidade e como ela influencia a deliberação sobre políticas públicas que devem influenciar a evolução de sistemas sociotécnicos.

5.1. Heurísticas

5.1.1 *Emoções e os limites da racionalidade*

Um homem que sofreu danos nos lobos frontais do cérebro devido a um tumor ajudou a compreender a interação entre emoção e tomada de decisão. No trabalho, após a lesão, ele perdia o foco dos resultados mais importantes com distrações quaisquer. De forma geral, parecia ter perdido a capacidade de fazer escolhas sensatas. Um neurocientista respeitado investigou sua situação.

O homem provou ser uma pessoa com QI superior e capaz de resolver problemas de lógica com informação incompleta. Ao longo dos testes, percebeu-se que o homem era incapaz de demonstrar emoção. Ao ser defrontado com situações humanas traumáticas, descrevia logicamente o que devia sentir, mas parecia de fato não sentir nada. Buscou-se estudar então se haveria relação entre a falta de emoções e a dificuldade em tomar decisões. Testes realizados demonstraram que o paciente entendia opções de escolha diferentes e seus imperativos morais. Mas ele simplesmente era incapaz de atribuir valor a opções diferentes. Seu cenário de tomada de decisão era “irremediavelmente plano” (DAMÁSIO, 2005).

Damásio investigou casos semelhantes e concluiu que a emoção fornece uma atribuição rápida de valor, qualificando automaticamente cenários futuros diversos. A falta de emoções, portanto, bloquearia o processo de seleção de opções. Conforme declara DODGE (1991): “*todo processamento de informação é emocional*”. Tentar decidir sem descartar automaticamente algumas opções com regras heurísticas exaure rapidamente as capacidades cognitivas, quando este tenta processar todas as opções comparativamente (ARIELY, 2010).

A ideia de que julgamentos morais são guiados somente pelo raciocínio lógico é incompleta. Consequentemente, é difícil crer que argumentos racionais por si só farão outra pessoa mudar seus conceitos de moralidade, como se “*abandar o rabo do cachorro o fizesse feliz*” (HAIDT, 2001). Isso não quer dizer que a razão não produza juízos morais, mas sim que isso acontece menos do que as pessoas pensam (HARRIS, 2013). Uma hipótese cada vez mais aceita é que, em muitos casos, o ser humano toma decisões com base em emoções para só depois justificá-los racionalmente.

Buscando compreender a necessidade de emoções para tomar decisões, pode-se herdar da ciência da computação o conceito de tratabilidade computacional. Grosso modo, um problema é intratável quando o tempo necessário para o resolver cresce exponencialmente com os graus de liberdade (RUSSEL & NORVIG, 2013). O cérebro humano é capaz de armazenar três terabytes de informação, mas isso corresponderia a apenas um milionésimo dos dados que são produzidos diariamente no mundo (SILVER, 2013). A quantidade de informações disponível pode, portanto, facilmente superar nossa capacidade de processamento. O mecanismo de defesa humano para evitar a sobrecarga de informação é simplificar o mundo de forma a permitir compreendê-lo (TOFFLER, 1984). Emoções representam uma das formas possíveis de simplificação. A intuição é outra, e representa uma fonte importante de decisões. Quanto mais operações puderem ser realizadas automaticamente, sem se refletir sobre elas, melhor para a capacidade cognitiva (DAVID MEYERS, 2014).

A simplificação não necessariamente é ruim. Todos os modelos são errados por definição (GEORGE BOX, 1987), dado que são representações simplificadas do universo. Qualquer representação que não seja o próprio universo exclui algum tipo de detalhe. Mas a relevância do detalhe faltante depende do contexto de aplicação e dos critérios de exatidão que a situação exige.

Utilizando simplificações, o inconsciente é muito bom em resolver problemas complexos. Enquanto os processos conscientes usam mais detalhes e são bons para buscar resultados em problemas concretos com poucas variáveis, o inconsciente adota simplificações mais grosseiras para ser capaz de lidar com a ambiguidade de muitas possibilidades e variáveis. Ele não é sobrecarregado por informações. Intuições podem estar erradas, mas também podem estar certas (DANIEL KAHNEMAN, 2011).

As emoções e intuições representam um conjunto de passos para processar uma tomada de decisão, da mesma forma que os pensamentos conscientes.

5.1.2. *Limites da racionalidade nas políticas públicas*

Como resultado de decisões intuitivas e emocionais, pesquisas mostram que evidências tendem a ser usada seletivamente. Elas são defendidas e aceitas somente quando suportam os pressupostos da modelagem, sendo descartadas quando os contrariam (SCHNEIDER & INGRAM, 1997). Hipóteses verificáveis tendem a ficar em segundo plano. Muitas vezes, sugestões abstratas e a carga emocional são mais atraentes que fatos sociais (WESTEN, 2008).

Ao usar números seletivamente para suportar a narrativa, a política pública deixa de ser somente uma questão de valoração, ficando à mercê de linguagem e objetivos ambíguos. Metáforas como “guerra às drogas” ou “mãe do programa XYZ” são ferramentas linguísticas deliberadamente desenhadas para estimular o apoio a determinadas políticas (STONE, 1997). E mesmo quando assumindo um caráter científico, os interesses subjetivos podem estar escamoteados sob uma máscara de plausibilidade matemática. O matemático John von Neumann teria dito sobre este problema: “*Com quatro parâmetros posso ajustar um elefante. E com cinco posso fazê-lo balançar a tromba*” (SILVER, 2013).

Nessa linha, alguns especialistas defendem o conceito de “risco objetivo”, que em tese poderiam medir para embasar suas decisões de políticas de gestão de risco. O risco foi criado como uma tentativa de mensurar a incerteza e ajudar a lidar com os perigos de determinadas situações. Mas ele não existe de forma independente das mentes e culturas que os consideram. Porém, para definir o risco de mortalidade associado com a liberação de determinado material tóxico na atmosfera, existem pelo menos nove maneiras de definir o “risco objetivo”, indo de “mortes por milhão de pessoas” a “mortes por milhão de dólares de produto produzido” (SLOVIC, 2000). Resta claro que toda avaliação de risco depende da escolha de uma medida, permitindo que a escolha da medida tenha sido feita tendo em consideração ter um resultado ou outro. “*Definir risco desse modo é um exercício de poder*” (SLOVIC, 2000).

Outro efeito do papel do inconsciente nas políticas públicas, é que riscos que conquistam a atenção pública e geram comoção tendem a desenvolver um ciclo de reforço. Ao ganhar espaço na mídia, estimulam a carga emocional da população e ganham ainda mais espaço na mídia. A percepção de risco perde qualquer conexão com a realidade, gerando histeria pública. Este fenômeno é chamado de “cascata de disponibilidade” (KURAN & SUNSTEIN, 1999).

Uma compreensão incorreta de como a decisão inconsciente influencia comportamentos pode levar a resultados contrários aos esperados. Em Nova Iorque, a agência de saúde local determinou a exibição de informações calóricas ao lado dos preços em redes de lanchonetes com o objetivo de que os consumidores tivessem a informação suficiente para decidir por lanches mais saudáveis. Na verdade, não houve alteração significativa (ELBEL *et al.*, 2009).

Outra intervenção pública voltada para o aumento de eficiência dos automóveis utilizou índices de eficiência de milhas percorridas por galão de combustível utilizado. A métrica utilizada resulta em cálculos de eficiência contra intuitivos. Um automóvel que possua eficiência de 10 milhas por galão e passa a ter eficiência de 20 milhas por galão apresenta ganho de eficiência maior do que outro que possua eficiência de 25 milhas por galão e passe a ter eficiência de 50 milhas por galão. Em um percurso de 100 milhas, o primeiro automóvel passa de um consumo de 10 galões para 5 galões, enquanto o segundo passa de 4 galões para 2 galões. O fato de a métrica utilizada não ser imediatamente óbvia gerou resultados contrários aos pretendidos. (LARRICK & JACK SOLL, 2008).

Essa dificuldade em compreender de imediato denominadores algébricos explica porque diferentes formas de comunicar riscos geram efeitos diversos. Um resultado de risco de determinado medicamento que apresente risco de 0,001% de incapacitação parece menor que outro resultado que apresente o risco de que uma criança a cada 100 mil ficará incapacitada, apesar de os riscos serem exatamente os mesmos (KIRKPATRICK & SEYMOUR, 1992). Frequências relativas parecem ter um risco menor do que frequências absolutas por parecerem mais palpáveis. Em outro estudo, pessoas julgaram que uma doença que mata 1.286 pessoas de cada 10 mil parece mais perigosa que uma doença que mata 24,14% da população, apesar de o risco da primeira ser metade do da segunda (YAMAGISHI, 1997).

Políticas públicas fracassadas normalmente assumem visões muito simplificadas da psique humana. Uma consideração excessivamente racionalista resulta em projetos ruins, que não atingem os objetivos desejados e, mesmo que os projetos sejam bons, costumam ser ignorados por políticos, pois fogem a seus anseios por comoção pública (DELEON & DELEON, 2002).

Conclui-se que a ciência da mente está fazendo progresso na compreensão dos vieses cognitivos e existe amplo espaço para evolução da aplicação de tais preceitos no âmbito das políticas públicas. Para isso é necessário desenvolver uma linguagem mais

rica que seja capaz de descrever adequadamente as heurísticas naturais. A identificação de erros de julgamento é uma tarefa diagnóstica, que exige um vocabulário preciso (KAHNEMAN, 2011). Para evitar erros de intuição é necessário reconhecer os vieses e compensar seus efeitos.

Políticas públicas são sobre pessoas, o que desejam e o que seria melhor para elas. Planejá-las demanda considerações sobre a natureza humana, escolhas, motivações e possíveis consequências. Sob uma perspectiva racional, políticas públicas buscam resolver problemas. Mas ao envolver um grupo de pessoas, elas simbolizam o que a sociedade valoriza.

Ainda que busque uma avaliação de custos e benefícios, os valores morais permeiam todo o ciclo de vida de uma política pública. A quantificação de custos e benefícios envolve a consideração daqueles valores sociais que são julgados em determinado contexto. Uma perspectiva puramente racional sugere que as decisões sobre políticas públicas são tomadas a partir da comparação de soluções em potencial para um determinado problema. Os atores e cidadãos reagiriam a cada uma das decisões da mesma forma, seguindo um critério uniforme, sem variações pessoais. Porém, o valor a ser atribuído a algo é construído por cada observador (EDELMAN, 1998).

É preciso notar que juízos individuais são motivados mais pela identidade pessoal do que por contas matemáticas. Por isso a opinião das pessoas sobre mudança climática está relacionada com suas opiniões sobre casamento entre pessoas do mesmo sexo, ainda que os assuntos não estejam relacionados (KAHAN, 2012).

Os tomadores de decisão relacionada às políticas públicas devem, além de desenvolver um conhecimento das tendências humanas ao julgamento incorreto, cultivar a moralidade de compensá-los em benefício do bem-estar geral, e não em seu próprio benefício. Aristóteles já havia dito que “legisladores habitam cidadãos” (BROOKS, 2014). Intencionalmente ou não, formadores de políticas públicas encorajam certas maneiras de viver e desencorajam outras. O ofício de elaborar políticas torna-se, inevitavelmente, um ofício moral.

5.1.3. Valores socialmente compartilhados

Enquanto ocorria o Iluminismo francês, estava em curso na Inglaterra uma outra espécie de Iluminismo (BROOKS, 2014). Os iluministas ingleses acreditavam que a razão é limitada e de importância secundária. HUME (2003) escreveu que a razão deve

ser escrava das paixões e deveria servi-las e obedecê-las. O comportamento humano seria amplamente moldado pelo inconsciente, que já nasce com um senso social intrínseco (BURKE, 2006). Daí surgiriam os sentimentos de companheirismo e de empatia por seus semelhantes. As pessoas precisariam ser admiradas por merecimento, por suas condutas. Para Burke, as intuições e emoções seriam social e naturalmente adquiridos, servindo como mapas ou bússolas para o convívio social, indicando os caminhos mais corretos (FERREIRA *et al.*, 2013).

Concordando com Burke, a moderna neurociência demonstrou que o cérebro humano simula os outros para entender o que estão sentindo, em uma versão internalizada daquilo que os outros sentem. A sociedade se forma na medida em que as pessoas absorvem parcialmente as mentes umas das outras, sentindo nelas parte do que as outras vivenciam. Desses sentimentos inconscientemente compartilhados é que flui a moralidade e o companheirismo, e não da dedução lógica. Experimentos de neuroimagem realizados em psicopatas (portadores de patologia psíquica caracterizada por seu comportamento antissocial) demonstram que eles possuem menor atividade nas regiões do cérebro relacionados com a resposta aos estímulos emocionais (GLENN *et al.*, 2009). Psicopatas são incapazes de reconhecer medo e tristeza nos seus semelhantes (DOLAN & FULLAN, 2006).

As emoções servem de âncora para normas sociais e morais. Sem a capacidade de sentir ansiedade quanto às próprias transgressões, as normas se tornam meras regras externas e despidas de significado (HARE, 1998). O medo de rejeição por parte do grupo é um dos fatores que leva a uma maior moralidade (BLAIR *et al.*, 2005).

O homem evoluiu para viver em grupos. Sua moralidade se adaptou para permitir a coesão social. Ele foi imbuído de um senso ético tão real quanto os cinco sentidos (HAUSER, 2007). Sendo assim, são as suas emoções sociais e morais que regulam a vida em sociedade.

Assim, o cérebro não seria algo contido em um único crânio. A mentalidade, tal como ela é, só se forma como resultado da interação em redes de diferentes cérebros. “A informação local leva à sabedoria global” (JOHNSON, 2002). Ao dissipar o raciocínio e construir arranjos sociais que contêm diferentes conhecimentos, esse sistema distribuído permite que o grupo ultrapasse em muito o âmbito computacional do cérebro individual. (ANDY CLARK, 1998).

A cooperação surge do fato de essa mentalidade distribuída ser capaz de acreditar em ordens metafísicas, em um conjunto de regras que só existem na

imaginação coletiva e que a comunidade acredita ser real. Enquanto os membros de um grupo possuem mais ou menos as mesmas crenças, todos seguirão as mesmas regras. Quando duas pessoas acreditam, por exemplo, no valor do dinheiro, a previsibilidade de comportamento mútuo que resulta é que leva à organização de uma ampla rede de cooperação. A adoção comum de símbolos, como vestimentas ou adereços, demonstra que estranhos compartilham as mesmas crenças e objetivos, ajudando a estabelecer uma relação de confiança (HARARI, 2016).

Uma comunidade que compartilha crenças e atua em rede estabelece mecanismos comuns (e automáticos) para prevenção de indivíduos aproveitadores. Um exemplo de tais mecanismos é conhecido como “punição altruística” (DE QUERVAIN, 2004). Ao sentir o que um semelhante sente, fica estabelecido o mecanismo de punição de todo o grupo a um indivíduo que causa sofrimento a outro. “*A punição altruística pode muito bem ser a cola que mantém as sociedades unidas*” (KAHNEMAN, 2011).

O mecanismo também funciona de maneira inversa. Ao se colocar no lugar do outro, um indivíduo tem a oportunidade de criar uma imagem mental de si mesmo. Ainda que exista a motivação voltada para o benefício próprio, o indivíduo precisa se enxergar como um ser humano correto, na mesma medida em que espera correção dos outros. Ao causar sofrimento ao outro está causando, em certa medida, sofrimento a si mesmo. A mente humana, porém, admite algum grau de incongruência entre visões distintas e de dissonância cognitiva, e, conseqüentemente, de trapaça. Desde que o embuste se mantenha dentro de determinado limite, é possível o indivíduo colher algum benefício da desonestidade, enquanto ainda se mantém uma imagem positiva de si mesmo. Porém, quando comparado a um modelo puramente racional, o humano médio não trapaceia tanto quanto suposto, dado que precisa manter uma imagem correta de si mesmo (ARIELY, 2012).

No fundo, em quase toda área de interesse público, busca-se induzir as pessoas a agir com virtude (WILSON, 1997). Em comunidades em que o senso social é insuficiente, o Estado tenta intervir para restaurar a coesão e a ordem. Um alto grau de individualismo gera sociedades fragmentadas e sem restrições sociais informais. Assim, o poder estatal tenta assumir todo o papel restritivo e a sociedade assume um caráter bipolar. Enquanto busca individualidade, gera um Estado burocrático e interventor. A existência de uma comunidade moral baseada em normas consensuais e instituições é que sustenta a permanência de um mercado livre baseado em ações individuais.

Como exemplo, uma experiência conduzida em uma creche israelense buscava respostas para a seguinte pergunta: a imposição de uma multa aos pais que se atrasam para buscar seus filhos resultaria em uma menor quantidade de atrasos? O resultado foi de que o número de atrasos aumentou. A conclusão dos experimentadores foi de que antes da imposição da multa havia uma norma social e os pais se sentiam culpados por seus atrasos. Ao monetizá-lo, a relação passou a ser comercial e assim os pais podiam avaliar o custo-benefício de seu atraso, não se sentindo culpados por isso.

Mesmo quando a multa foi retirada e o atraso deixou de ser uma relação comercial, não houve um retorno imediato para as taxas de atraso anterior. Na verdade, houve até um pequeno aumento, dado que tanto as normas sociais, anteriores ao experimento, quanto a relação comercial, que existia desde a implantação da multa, haviam deixado de existir (GNEEZY & ALDO RUSTICHINI, 2000).

Conclui-se que o dinheiro não representa todas as formas de transação. As normas sociais é que podem fazer a diferença de longo prazo para motivar as pessoas. Na verdade, dinheiro pode ser a forma mais cara de motivar as pessoas. Normas sociais não são só mais baratas como mais eficientes. E podem resultar em mais civilidade (ARIELY, 2010).

5.1.5. Moralidade tecnológica

WINNER (1980) publicou um artigo que ganhou manchetes ao afirmar que artefatos tecnológicos seriam instrumentos políticos. Winner utilizou um exemplo de transportes para defender seu argumento. Segundo ele, o planejador urbano Robert Moses teria contruído 204 pontes em Long Island que eram muito baixas para serem cruzadas por ônibus. Seu objetivo seria impedir que minorias, dependentes majoritariamente do transporte público, utilizassem os parques públicos. Embora existam críticas à veracidade histórica da informação (JOERGES, 1999), o argumento ainda assim serviu para trazer ao público a discussão até então restrita no âmbito das ciências quanto ao papel moral das tecnologias.

Segundo VERBEEK (2005) a moralidade não seria encontrada somente nas pessoas, mas também nas “coisas”. Tecnologias não são instrumentos neutros que servem para facilitar nossa existência. Alternativamente, argumentam que, enquanto desempenham suas funções, as tecnologias dão forma a experiências, influenciando ativamente a forma com que humanos vivem suas vidas.

WINNER (1980) argumenta que introduzir uma nova tecnologia não é somente construir um objeto, mas abrir novas possibilidades enquanto se inviabilizam outras. Meios de transporte, por exemplo, não são somente um meio para levar pessoas e cargas de um ponto a outro no espaço geográfico. Eles determinam a área de convívio social permitido. Determinam o quão longe se pode morar do local de trabalho. Permitem a organização de sociedades e mercados. Até mesmo a área de influência do Estado é, historicamente, uma função dos meios de transporte disponíveis. Assim, a forma pela qual transportes influenciam a existência humana poderia ser avaliada em termos morais. Algumas influências poderiam contribuir para uma boa vida e outras ser prejudiciais.

Uma abordagem superficial já permite identificar que artefatos influenciam decisões morais no dia-a-dia humano. O quebra-molas nos ajuda a tomar a decisão moral de não dirigir perigosamente perto de escolas (LATOUR, 1994). Roletas nos dizem para comprar a passagem antes de embarcar em um trem (VERBEEK, 2011). Mas a influência pode ser mais profunda, dado que humanos estão intrinsecamente relacionados ao domínio tecnológico, e assim a influência seria maior do que uma moralidade puramente instrumental. Humanos seriam seres tecnológicos tanto quanto tecnologias seriam entidades sociais (VERBEEK, 2011).

Para investigar esse relacionamento intrínseco, o estudo da moralidade precisa ampliar seu escopo. Ao invés de abordar a ética como um domínio humano e a tecnologia um domínio “não-humano”, o foco deveria ser centrado no seu papel inter-relacionado (LATOUR 1993). HEIDEGGER (1977) foi um autor que defendeu a tese de que a separação rígida entre esses domínios torna virtualmente impossível se perceber as diversas formas que objetos e sujeitos estão entrelaçados. E, sem a consideração deste caráter entrelaçado, não se é capaz de compreender a cultura moderna, intrinsecamente tecnológica, em que as práticas e decisões humanas estão sempre moldadas por tecnologias.

O psicólogo GREGORY (1981) estuda o papel de agregador de informação que as tecnologias representam na mediação das ações humanas, o que chamou de “inteligência potencial”. O uso de ferramentas, para ele, possui dois sentidos de inteligência. O primeiro e mais evidente, na medida em que requer inteligência para reconhecer, desenhar e construir uma ferramenta. Mas uma ferramenta também confere “inteligência” àqueles com possibilidade de utilizá-la. Quanto melhor a ferramenta, mais “inteligência potencial externa” ela agrega ao seu usuário. Por exemplo, um

motorista se torna mais capaz que um andarilho, no sentido de que sua condição de associação homem-carro desvenda uma rede de possibilidades impedidas ao andarilho.

A influência material é chamada por LATOUR (1994) de “roteiro”. Artefatos prescrevem o que seus usuários podem fazer quando os utilizam. Um quebra-molas prescreve o roteiro “desacelere quando se aproximar”, enquanto um copo plástico prescreve “jogue fora após usar”. LATOUR (2002) aprofunda essa noção com o conceito de “dobra”, no sentido em que uma dobra une diferentes dimensões. Na ação mediada pela técnica, tempo, espaço e agentes são “dobrados”, encontrando-se agregados na tecnologia. Um martelo conteria diferentes temporalidades, uma das quais teria a antiguidade do planeta, devido ao mineral com que foi moldado, enquanto outra possui a idade do carvalho que forneceu o cabo (LATOUR, 2002). O martelo contém os espaços da mina, da floresta. Contém ainda todos os agentes, humanos e não humanos, que participam de sua confecção, dando forma uns aos outros. Um martelo, assim, não é apenas usado por um humano, mas ajuda a constituí-lo, ao *“fornecer ao pulso uma força, direção e disposição que o braço desajeitado não teria”*.

Tanto o conceito de GREGORY (1981), de “inteligência potencial”, quanto o de LATOUR (2002), de “dobra”, estão de acordo com o conceito computacional de profundidade. Tecnologias são portadoras de profundidade computacional, ao resultar de uma complexa rede de instruções para ser formada, carregando consigo, em sua estrutura, todo o fluxo de informações que a precedeu. Tecnologias permitem, com sua profundidade, que programas simples (mover o pé para baixo) resultem em saídas complexas (mover-se a 100 km/h).

De acordo com HEIDEGGER (1977), ferramentas devem ser entendidas como conexões, ligações, acoplamentos, entre humanos e sua realidade. Quando um indivíduo lê um livro ou prepara uma refeição, não está simplesmente se dirigindo como um sujeito frente a objetos, mas se encontra em uma rede de relacionamento que confere significado um ao outro. A identidade do artefato se funde a do indivíduo que se torna então um leitor, um cozinheiro. Assim, a tecnologia atua não como simples objeto, mas como forma de desvendar realidades (VERBEEK, 2005).

Nada disso quer dizer que tecnologias são agentes morais em si mesmas. Latour afirma que *“nada, nem mesmo humanos, são si mesmos por si mesmos, mas sempre por outras coisas e para outras coisas”* (LATOUR, 2002). Assim, as tecnologias podem ser vistas não como instrumentos morais, nem como agentes morais, mas sim como mediadores morais. Todo artefato que é utilizado irá mediar ações humanas, e cada ato

de inovação ajuda a constituir práticas morais. Se a ética é sobre como agir; as tecnologias mediam nossas ações; e projetistas dão forma às tecnologias; então as atividades de inovação tecnológica devem ser consideradas uma forma material de prática ética (VERBEEK, 2011).

O papel que a tecnologia representa de mediadora moral implica em preocupações com o surgimento de uma tecnocracia. Porém, da mesma forma que leis influenciam o comportamento humano e, por isso, são debatidas e estabelecidas mediante processos de participação social, devem ser estabelecidos arranjos para políticas públicas de inovação tecnológica para que o papel da moralidade tecnológica seja enfrentado coletivamente, sem incorrer na ameaça de uma tecnocracia.

5.2. Valores

5.2.1. Justiça

O estabelecimento de regras compreendidas e aceitas pelo grupo é o que faz a coesão social. Neste sentido, há de se buscar um conceito de justiça. Existem três correntes de interpretação sobre o conceito de justiça: a maximização do bem-estar, o respeito à liberdade e a promoção da virtude. A partir desses três diferentes conceitos, pode-se identificar duas principais abordagens metodológicas: de acordo com uma, a moralidade das ações dependeria somente das consequências das ações; pela outra, determinadas regras deveriam existir de forma independente de suas consequências (SANDEL, 2010).

5.2.1.1. Consequencialismo

A abordagem consequencialista estaria por trás das análises de custo-benefício para a adoção de políticas públicas. Esta seria uma forma de trazer racionalidade e rigor para escolhas sociais complexas, ao traduzir escolhas em valores algébricos, permitindo sua comparação. Mas para cogitar a racionalidade deste método, pode ser citado um caso de análise de custo-benefício que concluiu que os efeitos do fumo no orçamento anual de determinado país é positivo. Isto ocorre pois, embora fumantes resultem em maiores gastos médicos enquanto vivos, sua expectativa de vida é menor, o que resulta em economia com os elevados custos de saúde na idade avançada e com os gastos de pensão. Assim, o ganho para o tesouro nacional com a morte prematura de fumantes

chegaria a centenas de milhões. O estudo provou ser um desastre de relações públicas para a empresa de cigarros que o financiou (SANDEL 2010).

Outro caso de análise de custo-benefício que resultou em problemas para uma empresa de capital envolveu a avaliação quanto a oportunidade de instalação de um tanque de combustível mais seguro em determinado modelo de automóvel. No curso do projeto, foi identificado que o tanque de combustível tinha a tendência a explodir em caso de acidente. A fabricante estimou que ocorreriam 180 mortes e 180 ferimentos por queimaduras caso não fossem feitas modificações. Estimou os custos das indenizações resultantes em 200 mil dólares por morte e 67 mil dólares por queimadura. Adicionando o valor dos automóveis perdidos, as perdas resultariam na quantia de 50 milhões de dólares. Mas o custo de instalar dispositivos que custavam 11 dólares em um total de 12 milhões de carros custaria mais de 130 milhões. A companhia concluiu, portanto, que os custos não compensavam a melhoria da segurança do automóvel. Seguiu-se que morreram mais de 500 pessoas, teve início uma batalha judicial e os danos de imagem fizeram com que a fabricação do automóvel fosse interrompida (SANDEL, 2010).

O objetivo utilitarista é capturar, em uma escala única, diferentes valores. As objeções utilitaristas que poderiam ser feitas aos casos acima não estariam no princípio em si, mas no erro de atribuição de valores. Se adicionado o custo sentimental da morte, a conclusão do cálculo seria revertida, e o resultado seria considerado mais imbuído de moralidade. Assim, o problema utilitarista pode ser considerado um problema de tratabilidade computacional.

Antes de uma questão moral, é impossível o cálculo de todos os efeitos de determinada ação, quanto mais valorá-los. Mesmo em retrospecto, a tarefa mostra-se impossível. DENNET (1996) chama esse problema de “o efeito *Three Mile Island*”. O derretimento do reator nuclear daquela usina teria sido bom ou ruim? Em princípio, certamente parece ruim, mas esse evento pode ter influenciado uma política de segurança nuclear mais eficiente, que teria evitado outras consequências negativas. Ou pode ter resultado na adoção de fontes de energia mais poluentes, resultando em doenças e aquecimento global. As consequências de um único evento criam uma rede de influência retroalimentada e não linear que é impossível de determinar até mesmo em um caso muito bem definido ocorrido no passado, quanto mais de possibilidades futuras.

5.2.1.2. Deontologia

KANT (1993) rejeita o utilitarismo, pois o valor da ação moral estaria não nas consequências dos atos, mas das intenções pelas quais as ações são tomadas. Assim, somente a motivação do dever, em que se faz algo porque é certo e não porque é útil ou conveniente, confere moral a uma ação.

Mas Kant atribui a determinação do que é certo à razão, que, por pura deliberação, poderia gerar princípios universalizáveis. Mas novamente existe um problema de tratabilidade. Um princípio, tal qual um modelo matemático, é uma simplificação da realidade. E, tal qual um modelo, sua utilidade depende do contexto de aplicação. Se aplicado a um contexto diferente daquele no qual foi desenvolvido, perde sua capacidade de representação. Um princípio, por definição, não é universalizável.

RAWLS (2016), assim como Kant, também defende a primazia do que é certo sobre o que é bom, mas com argumentos diferentes. Ele elabora um experimento mental, aonde um indivíduo, antes de seu nascimento, poderia refletir sobre que tipo de sociedade gostaria de viver, sem ser capaz de prever a camada social que atingiria. chamou tal experimento de “véu da ignorância”. Sob esse “véu”, visando reduzir as incertezas e o risco de viver em uma camada social desfavorecida, um indivíduo escolheria viver em uma sociedade igualitária. Essa igualdade não seria absoluta, pois os mais bem capacitados seriam instigados a desenvolver seus talentos, mas com o entendimento de que as recompensas caberiam, de forma distributiva, a toda a sociedade. A esse princípio chamou de “princípio da diferença”.

RAWLS (2016), com sua teoria, reconhece a intratabilidade da resolução do problema da justiça com cálculos racionais, mas o resolve com um princípio de precaução de redução de riscos. Ao reconhecer a intratabilidade do cálculo, adota a mesma solução kantiana de um princípio universal, porém por um caminho diferente. Surge mais uma vez limitação de que todo princípio só é adequadamente aplicável dentro do contexto em que foi elaborado. Críticos de Rawls alegam, na mesma linha, que contextos, conforme representados por objetivos pessoais e vínculos sociais, não podem ser desvinculados do conceito de justiça (SANDEL, 2010).

Porém, um contra-argumento rawlsiano típico diria que, se contextos são tão importantes, a justiça seria qualquer coisa que determinada comunidade afirma ser. Do absolutismo da dependência de contextos resultaria um relativismo moral insolúvel.

5.2.1.3. Teleologia

A solução para a intratabilidade computacional, a limitação heurística e o relativismo moral talvez resida em um dos mais antigos teóricos da moralidade do qual sobrevivem registros: Aristóteles. ARISTÓTELES (2015) desenvolveu um raciocínio teleológico para a definição do que é bom. Ele alega que, para determinar a distribuição justa de um bem, deve-se investigar o telos, o propósito do bem distribuído. Assim, a justiça reencontraria sua origem etimológica e semântica, pois o justo seria aquilo que “se ajusta” ao seu telos, ao seu propósito.

Esse raciocínio teleológico era comum na Grécia antiga, mas perdeu seu espaço no mundo moderno. As entidades do mundo eram vistas como propositivas. O fogo subiria ao céu e a pedra cairia ao solo por estarem procurando o seu lugar natural, a sua razão de ser. Tal raciocínio guarda algo de semelhante com a instância intencional de Daniel Dennett.

A vida moral, segundo Aristóteles, seria voltada para o bem-estar. Mas não o bem-estar puramente utilitarista, em que, através de um cálculo de custo-benefício, os prazeres devem superar os sofrimentos. A virtude viria daqueles que sabem absorver o prazer e o sofrimento nas coisas certas. A excelência moral consistiria do alinhamento dos prazeres e sofrimentos, para que resultassem das situações adequadas a cada um. Prazer e sofrimento são inevitáveis, mas aprender o momento apropriado de sentir cada um é uma questão de virtude (ARISTÓTELES, 2015).

Da mesma forma, Aristóteles rejeita que a moralidade resida em regras rígidas. Não que regras não devam existir, mas elas não são, por princípio, universalizáveis. Saber aplicá-las requer, portanto, a sabedoria e a temperança de saber o momento certo de usá-la, para a pessoa certa, na certa medida. (ARISTÓTELES, 2015).

Daí resulta que a virtude depende da prática, tal qual aprender a tocar flauta. Aprender a tocar flauta implica ajustar-se a um conjunto de características. Entender o que é música e para que serve. Aprender a distinguir a boa música do simples ruído. Dominar a técnica que produz a boa música. Todas essas atividades buscam um ajuste, um propósito, pois cada um desses outros elementos, música, prazer, flauta, também possuem seus propósitos intrínsecos.

A ética teleológica permitiria a conciliação do consequencialismo com o normativismo deontológico. Segundo ARISTÓTELES (2015), a moralidade é um “*meio entre extremos*”. Assim como na tratabilidade computacional, cada método possuiria seu

momento de aplicação. Situações simples, bem definidas, em que um cálculo de bem-estar pode ser realizado, tenderiam ao utilitarismo. Em situações complexas e intratáveis, a busca por imperativos heurísticos que façam sentido dentro de determinado contexto pode ser mais apropriada.

A tentativa em se buscar princípios neutros de justiça não encontra resultados. Não é sempre possível definir deveres e direitos sem assumir algum compromisso. Seres humanos são seres narrativos. Somente é possível responder questões do tipo “o que devo fazer” se for possível responder antes questões como “de que histórias eu faço parte” (MACINTYRE, 2007). Uma história humana não é única, mas marcada pelas histórias com as quais se relaciona. A reflexão moral seria, então, uma questão de filiação e pertencimento (SANDEL, 2010).

Todas as narrativas de vida possuem um caráter teleológico, o que não significa que são determinadas somente por entidades externas. O propósito, conforme evidente em uma visão evolucionista, é uma propriedade relacional. Ele surge do “ajuste” de uma estrutura a um determinado critério de seleção. Neste sentido, uma deliberação moral pode ser vista como uma interface entre a interpretação de uma história e o seu contexto, o conjunto de histórias ao qual deve se ajustar. Assim, a verdadeira busca pela moralidade não seria pautada por aquilo que se quer tornar, mas sim o que se deve valorizar. Ao valorizar condutas que compatibilizam propósitos das diversas entidades de um mesmo meio se estabelece o critério de seleção evolutiva que determinará as estruturas que surgirão. A justiça seria então a deliberação sobre que condutas se deve valorizar.

O desafio em busca da justiça seria desvendar propósitos e descobrir o melhor caminho para buscá-los. E buscar o propósito de instituições sociais, ARISTÓTELES (2015) alerta, é uma questão de buscar as virtudes que elas valorizam. Uma sociedade justa surge da compatibilização de propósitos.

Assim, o foco fundamental da atividade política deve ser as virtudes de uma sociedade. As instituições influenciam a arquitetura inconsciente de escolhas, que por sua vez reforçam o comportamento. Deve-se estudar em que contextos elas podem criar cenários que nutrem escolhas virtuosas ou aqueles nos quais podem criar cenários que as dificultam.

5.2.2. Bem-estar

A visão do cérebro como um dispositivo de processamento de informações tem sua origem nos trabalhos de JAMES (1950). JAMES (1981) é, ainda, fundador da escola filosófica que ficou conhecida como “pragmatismo”. Nesta linha, RUSSEL & NORVIG (2013) dizem que termos mentais como crenças e objetivos são tão científicos para o estudo da informação quanto pressão e temperatura o são para o estudo de gases, mesmo que esses sejam constituídos por moléculas que não tem nenhuma dessas prioridades *per se*.

Três passos fundamentais caracterizam um agente baseado em conhecimento (RUSSEL & NORVIG, 2013):

- (1) O estímulo deve ser traduzido em uma representação interna;
- (2) A representação é manipulada por processos cognitivos para derivar novas representações internas; e
- (3) Por sua vez, essas representações são de novo traduzidas em ações.

Ele argumenta que este é um bom modelo pois, se o organismo transporta um “modelo em escala reduzida” da realidade externa e de suas próprias possíveis ações dentro de sua “mente”, ele é capaz de (RUSSEL & NORVIG, 2013):

- Experimentar várias alternativas;
- Concluir qual a melhor delas;
- Reagir a situações futuras antes que elas surjam;
- Utilizar o conhecimento de eventos passados para lidar com o presente e o futuro; e
- Em todos os sentidos, reagir de maneira muito mais completa, segura e competente às emergências que enfrenta.

Atualmente, é amplamente aceito que uma teoria cognitiva deve ser como uma computação, na medida em que ela deve ser capaz de descrever o mecanismo de processamento de informações pelo qual determinada função cognitiva pode ser implementada. (ANDERSON, 2000)

Da mesma forma, Sam Harris argumenta que “estados mentais” como propósito, valores, moralidade e a boa vida são obrigatoriamente relacionados a estados internos do cérebro humano, a partir do processamento de informações captadas do ambiente externo (HARRIS, 2013). Isto faz com que a investigação científica desses estados internos possa ser realizada. Tal investigação permitiria compreender cientificamente o

bem-estar humano, permitindo o estabelecimento de uma ciência da moralidade. Harris reconhece que tal empreitada pode parecer muito distante, mas reconhece que o terreno de investigação existe e é etapa necessária para atingi-lo (CASEBEER, 2005).

O fato de reconhecer a existência de verdades morais não implica que existe uma única resposta para problemas morais complexos, mas sim que existem respostas que são melhores que outras. Essa é uma assertiva evitada pela ciência.

A afirmação de que o bem é possível de ser mensurado a partir da comparação com outra propriedade da experiência humana, como o prazer, é conhecido como a falácia naturalista do argumento de questão aberta, de MOORE (1998). Moore argumenta que ao associar o bem ao prazer, por exemplo, a hipótese é facilmente rejeitada dado que nem sempre o prazer é bom.

Esse representa um consenso no âmbito da ciência, que evita abordar assunto de moralidade. Apesar de ser razoável desconfiar que o prazer é bom em qualquer situação, parece que a resposta estaria na própria definição de bom, e não em sua associação a algum outro fenômeno da consciência. Harris defende que quando se questiona se algo é bom, se quer saber se aquilo proporciona ou impede alguma forma mais profunda de bem-estar (HARRIS, 2013).

Apesar de a moderna neurociência ser capaz de determinar estados internos do cérebro e associá-los a sentimento específicos, como a felicidade, ela evita assumidamente discutir questões sobre como as pessoas deveriam viver à luz de suas conclusões (FODOR, 2001).

HARRIS (2013) argumenta que a separação entre fatos e valores é ilusória em ao menos dois sentidos:

- (1) O bem-estar de seres conscientes deve traduzir-se em estados internos do cérebro; e
- (2) Crenças sobre fatos e crenças sobre valores surgem dos mesmos processos cerebrais.

Assim, não existiria separação entre fatos e valores no âmbito do processamento cerebral, e a investigação de tais estados permitiria correlacionar o bem-estar humano aos processos de interação com o mundo a sua volta.

Assim como Aristóteles, HARRIS (2013) argumenta que o conceito de bem-estar é semelhante ao de saúde física. É difícil encontrar definições precisas para seus significados, mas eles certamente existem e são fundamentais para a compreensão humana. O conceito de saúde, inclusive, está constantemente em aberto conforme evolui

a ciência. Atualmente considera-se uma pessoa saudável se esta não apresentar doença detectável, for capaz de fazer exercícios e tenha expectativa de vida de pelo menos 80 anos. Mas esse padrão de saúde já foi diferente em diversos momentos do passado.

Alguns questionamentos foram apresentados à tese de HARRIS (2013) de que uma ciência da moralidade seja possível:

- (1) Não haveria base científica para dizer que o bem-estar deve ser valorizado;
- (2) Se uma pessoa não valoriza o bem-estar, ou só valoriza o próprio e não o de seus semelhantes, não há como argumentar que está errada, sob o ponto de vista da ciência;
- (3) Mesmo que se aceite que o bem-estar deve ser valorizado no âmbito da moralidade, é impossível defini-lo rigorosamente.

Novamente, a analogia com a saúde se mostra útil, apesar de não ser perfeita. Porém, ao trocar moralidade por medicina e bem-estar por saúde nas três assertivas e assumindo-as como verdadeiras, automaticamente estaria descartada qualquer ciência da medicina.

Uma dificuldade mais sutil apontada é aquela que diz que, ainda que se aceite suas premissas, há espaço suficiente para que se discorde racionalmente do que o bem-estar de fato é. Mesmo que seja um atalho para valores mentais mais profundos, haveria espaço para uma discordância legítima sobre que valores seriam esses e como deveriam ser pesados e, assim, não haveria curso de ação comum.

Porém, se uma capacidade de pular mais alto vier em troca de flexibilidade, que critério deveria ser aplicado na medicina? Haveriam discordâncias entre ortopedistas especializados em basquete e outros especializados em ioga. Essas, porém, seriam variações muito pequenas dentro de um contexto geral de saúde. A ciência da medicina, ainda que permitisse certo grau de discordância, permite que se excluam quadros de anencefalia e varíola do conceito geral de saúde.

HARRIS (2013) refuta ainda a crítica de que códigos morais são relativos à época e ao local em que aparecem. Tal crítica assume que, se determinada cultura não aceita o bem-estar como um valor, parece não haver motivo pelo qual deveria ser promovido. Seria impossível convencer terroristas de que seus valores estão errados. Mas afirma que, dado esse critério relativista, verdades da ciência também seriam relativas à época e ao local em que aparecem, não havendo maneira de convencer alguém que não valoriza evidências empíricas de que deveria valorizá-la. A ciência trabalha com a verdade da evolução biológica há 150 anos, apesar de, em 2012, apenas

47% dos americanos acreditarem que o homo sapiens teria evoluído pela seleção natural (HARARI, 2016). Mas isso não significa que a biologia não seja uma ciência de verdade. Esta é mais uma evidência de que crenças sobre fatos e crenças sobre valores surgem dos mesmos processos cerebrais.

O argumento de que a ciência pode contribuir para o entendimento da moralidade se sustenta em duas premissas:

- (1) Algumas pessoas têm mais bem-estar que outras;
- (2) Essas diferenças se relacionam de forma não arbitrária a estados do cérebro e do mundo.

A moralidade seria, portanto, o conjunto de atitudes, escolhas e comportamentos que potencialmente afetam o bem-estar de outras mentes conscientes. E, partindo do pressuposto de que existem respostas certas e erradas para questões morais, um dia essas respostas poderiam ser encontradas. Ainda que não existam respostas únicas, seria possível afirmar que determinadas condutas resultam em melhores resultados de bem-estar do que outras e, portanto, seriam mais morais. Da mesma forma que é relativamente segura a afirmação genérica de que exercícios físicos fazem bem para a saúde, embora existam exceções a essa regra. E mesmo quando essa regra se aplica, um indivíduo tem à sua disposição diferentes modalidades de exercícios para que possa encontrar aquele que melhor se insere no seu contexto de vida.

PARFIT (1986) elaborou diferentes experimentos mentais, na mesma linha do utilitarismo puro, para demonstrar paradoxos na agregação e comparação de possíveis medidas de bem-estar. Mas na prática, o que Parfit demonstra é que existem diversas formas erradas de modelar a questão, mas não que não existiriam formas de as modelar suficientemente bem para se extrair heurísticas com utilidade para a prática moral.

Além do problema de modelagem, certamente existem problemas morais que, ainda que modeláveis, seriam computacionalmente intratáveis. Mas isso também não refuta a hipótese de que seja possível elaborar heurísticas que permitam concluir que determinadas condutas são mais corretas que outras, sob o ponto de vista moral. DENNET (1986) argumenta neste sentido ao dizer que o *satisficing* de SIMON (1997) é uma abordagem apropriada no tratamento de problemas morais complexos.

Em suma, o primeiro desafio é admitir que existe uma maneira de abordar cientificamente as questões de moralidade e que as conclusões dessa abordagem podem nos orientar no sentido de elaborar melhores políticas públicas. Uma abordagem ética da neurociência seria o caminho para compreender a melhor forma de fomentar o bem-

estar geral (GAZZANIGA, 2006). E fomentar o bem-estar geral seria a forma mais apropriada de viver de maneira ética e sábia.

5.3. Considerações finais finais do capítulo

A evolução biológica desenvolveu intuições e emoções como heurísticas para resolver problemas computacionalmente intratáveis. Porém, heurísticas podem resultar em ações incorretas quando fora do seu contexto de aplicação. As emoções são fonte de coesão social e o mercado, ao romper relações sociais e estabelecer relações puramente econômicas, pode romper laços morais.

Políticas públicas são ferramentas de moralidade, pois visam influenciar condutas. Tecnologias também são ferramentas de moralidade, pois influenciam e mediam comportamentos. O pensamento teleológico permite ver a moralidade como consequência da atividade de seleção. Assim, o propósito tecnológico surge da adaptação de determinado contexto que o seleciona.

É preciso admitir que existe uma maneira de abordar cientificamente questões de moralidade.

6. MODELO PROPOSTO

Neste capítulo, um modelo para avaliação de medidas de sustentabilidade é proposto. Com isso, são levantadas possibilidades existentes de políticas públicas para a mitigação de gases de efeito estufa no transporte aéreo e discute-se a sua aplicabilidade e eficiência em vista da literatura levantada ao longo do trabalho, sob a ótica do modelo proposto.

6.1. Elementos

O modelo tradicional de sustentabilidade considera três eixos - econômico, social e ambiental -, assim como as relações entre eles, como os pilares da sustentabilidade. Mas, conforme argumentado, existe uma relação de dependência comum entre esses três conceitos e outros dois, ausentes do modelo padrão. Esses dois seriam a tecnologia e as instituições formais, que modernamente são representadas pelo Estado.

Outro item que parece ausente do modelo padrão é o homem. Todas as grandes questões históricas que permanecem sem solução, como a violência, a distribuição de renda, o desenvolvimento, possuem o bem-estar humano no centro de suas preocupações. Além disso, heurísticas cognitivas manifestadas no âmbito individual geram efeitos agregados, que por sua vez resultam em resultados de políticas ambientais, econômicas e sociais inesperados.

Desta forma, propõe-se que o modelo estrutural da sustentabilidade deveria ser formado não por três pilares, mas por seis: o econômico, o ambiental e o social, além do tecnológico, do estatal e do humano no centro, que representaria a preocupação central com seu bem-estar, e para que se considere adequadamente seus objetivos e suas tendências cognitivas.

Cinco eixos representam entidades emergentes, formadas por padrões em fluxos de relacionamento entre diferentes sub-entidades, sendo assim caracterizados:

- A sociedade emerge do padrão evolutivo de cooperação humana, que resultou no estabelecimento de emoções voltadas para a vivência em grupo, mediante laços de parentesco e amizade. O indivíduo reconhece alguns como seus semelhantes, com os quais cria laços de mútua cooperação;

- A economia envolve o padrão de produção e trocas de produtos e serviços entre as pessoas, de acordo com suas escolhas e preferências individuais, que são baseadas em mútua confiança;
- O meio ambiente, ou a biosfera, compreende as relações complexas entre a matéria, com suas leis físicas e químicas, e as entidades biológicas que delas emergem;
- A tecnologia resulta do apoderamento de fenômenos naturais, transformados em dispositivos, que passam a ser utilizados pelos humanos para atingir determinados objetivos. Dessa intenção inicial emerge uma complexa rede de dispositivos, e as tecnologias deixam de ser apenas meios para atingir fins e se tornam um metabolismo particular, mediando as interações humanas;

O Estado tem início com a tendência humana à cooperação, mas que, com a evolução tecnológica e o aumento de capacidade de sustentação de grupos, faz com que os laços naturais de afinidade deixem de ser suficientes. Os mecanismos biológicos evoluídos para a manutenção de um grupo perdem seu efeito quando um indivíduo não é mais cognitivamente capaz de reconhecer cada indivíduo em uma comunidade de centenas de pessoas. Para lidar com o humano desconhecido, emerge uma complexa estrutura de contratos e crenças compartilhadas que resultam no Estado moderno.

6.2. Perspectiva do modelo

DENNETT (2010) identificou um grau de abstração que acredita ser útil para descrever e compreender o mundo, ao qual chamou de instância intencional.

Basicamente, a instância intencional envolve a decisão de tratar o sistema que se pretende compreender e prever o comportamento como um agente racional e intencional. A partir desta decisão, passa a ser possível utilizar todo um léxico, antes descartado, para descrever e prever o comportamento do agente. Passa a ser possível, por exemplo, considerar quais “crenças” aquele agente teria, considerando-se seu lugar no mundo. Torna-se viável supor quais seriam os “desejos” do sistema e, conseqüentemente, prever o seu “comportamento” que se desenrola de forma a “satisfazer” seus “objetivos”, com base em suas “crenças”. Uma preocupação genuína com a compreensão intencional do sistema levaria a uma boa compreensão do sistema em estudo.

Assumindo essa decisão, passa a ser possível avaliar o relacionamento não só entre o ser humano e os demais cinco pilares, mas também de cada um dos outros cinco pilares entre si. O surgimento da sociedade, quando considerada como maior que um bando de caçadores-coletores, evoluiu junto com a tecnologia de domesticação de espécies, que por sua vez permitiu o estabelecimento de grandes aglomerados humanos. Como consequência, essas sociedades tornaram-se complexas, necessitando de instituições externas para mediar conflitos e semear uma crença comum, tendo origem o Estado moderno. As garantias do Estado permitiram o florescimento do mercado. O mercado estimulou o desenvolvimento de novas tecnologias, que por sua vez permitiram ao Estado exercer com maior capacidade o controle da sociedade.

Essa é apenas uma descrição superficial do relacionamento entre as diferentes entidades do modelo no decorrer do tempo, apenas com o objetivo de demonstrar que existe um relacionamento histórico entre aqueles sistemas e que este pode ser descrito assumindo-se a instância intencional. Da mesma forma que em um contexto histórico, é possível avaliar o relacionamento entre cada um dos domínios no presente e simular seu futuro.

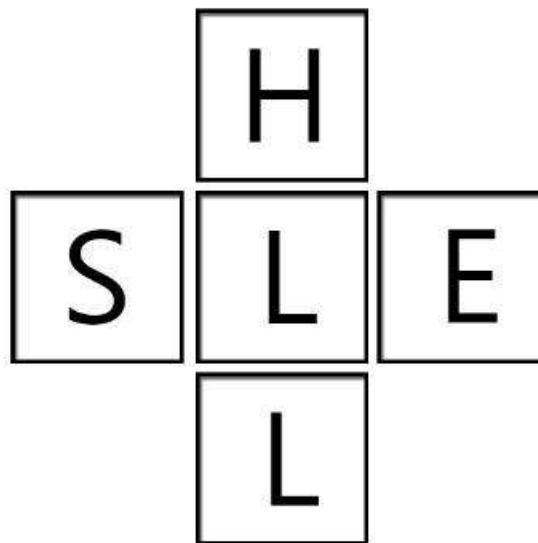


Figura 6.1: Modelo SHELL.

Utilizando como inspiração o modelo *SHELL* (HAWKINS & ORLADY, 1993), criado no âmbito da aviação civil para designar a influência de diferentes entidades nos fatores humanos da aviação, elabora-se aqui um modelo que se utiliza do acrônimo inglês *SHEETS* para facilitar a memorização dos seis eixos considerados: *State*

(Estado), *Human* (humano), *Economy* (economia), *Environment* (meio ambiente), *Technology* (tecnologia) e *Society* (sociedade).

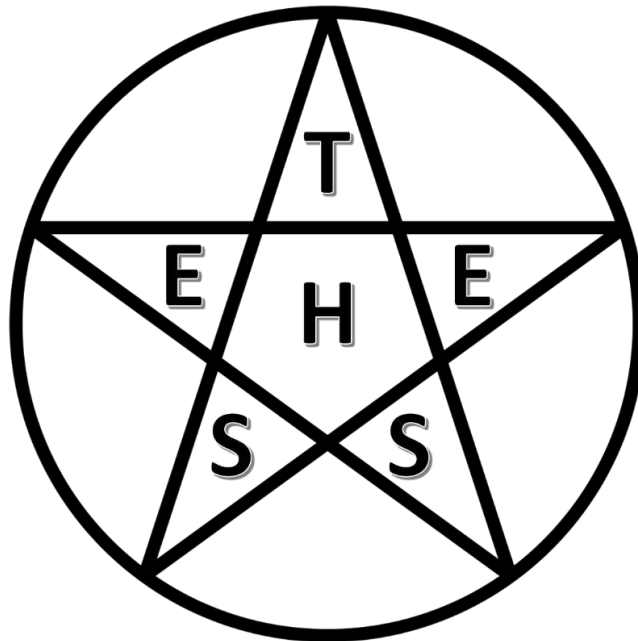


Figura 6.2: Modelo SHEETS.

6.3. A evolução do sistema em estudo

A linguagem matemática para o tratamento da informação foi identificada no decorrer do trabalho como pertencente ao campo da ciência da computação. Um sistema que pode assumir diferentes configurações discerníveis é capaz de transmitir informação. O significado dessa informação depende de um segundo sistema a ter seu estado relacionado especificamente, de acordo com os estados do primeiro sistema. A forma pela qual os diferentes elementos do modelo transmitem e modificam informação, e como essas informações afetam os estados dos outros elementos, é o que o modelo pretende compreender.

Não basta só compreender como os elementos interagem e se modificam. É preciso saber, ao longo do tempo, qual será o resultado das múltiplas interações. Isso é o mesmo que dizer que é preciso saber como o sistema evolui.

No decorrer do trabalho foi argumentado, a partir das fontes levantadas, que a evolução pode ser entendida como uma forma de computação. Sistemas interagindo entre si, alterando seus estados internos de forma iterativa.

Sabendo-se de antemão como os sistemas se afetam, e tendo em vista um objetivo bem-definido, é possível organizar um conjunto organizado (um programa) de afetações (ou instruções) para, a partir das influências sucessivas sobre determinado sistema (a entrada), atingir o resultado pretendido (a saída). Ou seja, é possível estabelecer uma receita bem-definida e previsível, um algoritmo.

Porém, quando não se domina todas as formas de influência que os sistemas possuem entre si, a única forma computacional de obter um corpo organizado de instruções é a partir de um processo de “tentativa e erro”, selecionando aquelas tentativas com maior grau de aderência ao critério pretendido. Com um processo de iteração seletiva bem orquestrado, no decorrer do tempo, a sequência de instruções apresentará uma proximidade cada vez maior ao critério pretendido. Este conjunto de instruções é um algoritmo evolutivo.

Por último, quando existe o risco de intratabilidade computacional, pode-se inferir regras simplificadas que, apesar de incapazes de otimizar a performance do sistema, geram resultados suficientemente próximas ao ótimo. Essas regras aproximadas são chamadas heurísticas.

Estes quatro conceitos, algoritmo, evolução, heurísticas e tratabilidade, representam os instrumentos centrais considerados pelo modelo para o atingimento de seus objetivos.

O processo de elaboração de políticas públicas mais próximo ao raciocínio evolutivo é aquele chamado de incrementalismo. Conforme demonstrado, esse modelo pode incorrer em baixa alteração do corpo de informações padrão, resultando em baixa taxa de evolução e na armadilha da rotina organizacional, que executa instruções mesmo fora de contexto.

É preciso, portanto, estimular a inovação, tanto no âmbito das políticas públicas quando da tecnologia. Levantou-se que o possível adjacente, a difusão de informações, o acaso, a exaptação e o erro, mecanismos associados à combinação e alteração de corpos organizados de informação, são maneiras pelas quais pode-se estimular a inovação.

6.4. Resultado pretendido

O critério final considerado pelo modelo para avaliação de desempenho é a maximização do bem-estar. Mas para isso não se assume nenhuma forma absoluta de

cálculo de bem-estar. O método a ser utilizado deve ser essencialmente qualitativo e comparativo, tal qual a analogia com o conceito de saúde levantado durante o trabalho.

Utilizando-se da ideia de *satisficing* e encontrando as heurísticas apropriadas para a situação em questão, seria possível encontrar respostas “boas o suficiente”, no sentido que atendem aos critérios mínimos determinados pelas heurísticas e, havendo mais de uma opção resultante, uma parece obter maior grau de bem-estar que as outras.

É possível assumir, com alto grau de confiança, que, devido à elevada complexidade entre as diferentes entidades do modelo, não será possível encontrar um algoritmo ótimo sobre como maximizar o bem-estar. Assim, conforme os preceitos computacionais, a única forma de se conseguir atingir uma solução é por tentativa e erro.

Dessa forma, as interações entre os sistemas devem ser avaliadas na medida em que influenciam os critérios pelo qual aquele sistema seleciona instruções, ou filtra, ou fluxos de informação. Esses critérios é que, quanto mais aderentes ao resultado final pretendido (o maior bem-estar possível), possibilitarão que ele seja atendido.

Os critérios, conforme argumentado no decorrer do trabalho, devem envolver não só métricas e análises de custo-benefício, mas também heurísticas morais e emocionais.

7. ALTERNATIVAS AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A agenda de combate ao aquecimento global está bem definida. O aquecimento global já está consolidado como uma preocupação. Assim como estariam consolidadas diferentes propostas de políticas públicas para mitigação de emissões: mercados de carbono, taxaço de emissões, incentivos ao desenvolvimento de novas tecnologias, incentivo voltado especificamente para o desenvolvimento de biocombustíveis. O impasse estaria, portanto, na decisão quanto às políticas públicas a ser implantadas.

7.1. Taxação e mercados de carbono

7.1.1. Contextualização

Muitas críticas são feitas com relação à efetividade dos instrumentos de comando e controle para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Os instrumentos de comando e controle seriam aquelas normas e regulamentos que visam reduzir a emissão prescrevendo especificações de processo, de equipamentos, limites de entrada e saída, etc. Não só estes são considerados ineficientes para reduzir as emissões como, quando aplicados em excesso ou de forma inadequada, podem restringir inovações tecnológicas, dada a inércia de atualização de normas. Normas são usualmente elaboradas a partir das tecnologias existentes, e não o contrário. Desta forma, existe o risco de que novas tecnologias, ao surgirem, estejam em desacordo com as normas desatualizadas e vigentes.

De outro lado, existem os chamados instrumentos de mercado. De acordo com o a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em tradução livre (OECD, 2007):

Instrumentos de livre mercado são aqueles que visam abordar as falhas de mercado referentes às “externalidades ambientais”, seja incorporando os custos externos de atividades de produção ou consumo através de taxas ou encargos sobre produtos ou processos, ou criando direitos de propriedade e facilitando o estabelecimento de mercados fiduciário para o uso de serviços ambientais.

Os instrumentos de mercado estão dentro de quatro grandes categorias (STAVINS, 2003):

- **Taxas de poluição:** onde é cobrada uma taxa pela quantidade de poluentes que uma firma produz. Consequentemente, vale a pena a firma reduzir as emissões até o ponto onde seu custo marginal de redução seja igual à taxa cobrada;

- **Licenças negociáveis:** um nível total de poluição é estabelecido e alocado entre todas as firmas na forma de licenças. Firmas que mantenham seus níveis abaixo do designado podem vender seu excedente para outras firmas ou usá-los para compensar o excesso de emissões em outras áreas;
- **Reduções de barreiras de mercado:** remoção de barreiras que afetam a atividade dos mercados;
- **Reduções de subsídios governamentais:** subsídios podem ser causadores de ineficiência econômica e desequilíbrio de incentivos aos mercados.

Sendo assim, os instrumentos de mercado não determinam ou restringem que as empresas utilizem tecnologias específicas. Também não estabelecem que todas as empresas reduzam suas emissões na mesma proporção, o que permite às empresas maior flexibilidade em suas abordagens para a gestão da poluição.

Isto não quer dizer que as abordagens de comando e controle sejam incorretas e desnecessárias. Tais instrumentos possuem aplicabilidade, mas são insuficientes. O desafio é equilibrar os diferentes instrumentos para mitigar emissões de gases de efeito estufa. Por exemplo, nos Estados Unidos existem restrições explícitas quanto à utilização de determinadas tecnologias de motorização de aeronaves. Aeronaves antigas são, portanto, proibidas de utilizar seu espaço aéreo.

Por outro lado, no Brasil, mesmo na inexistência de tal restrição, as pressões do mercado de aviação regular levaram à renovação constante da frota em busca de menores custos de operação, resultando no aumento da eficiência dos motores quanto à emissão de poluentes pelo uso constante das tecnologias mais recentes. Já em áreas em que a pressão de mercado é menor, como o transporte aéreo de carga, aeronaves mais antigas ainda são utilizadas. Mecanismos de mercado para redução de emissões introduziriam novas pressões para a adoção de tecnologias mais avançadas e menos poluidoras.

Análises de rentabilidade da indústria aérea sugerem que esta deve se focar na sua estrutura de custos, enquanto aumentam sua produtividade. Sendo uma indústria de capital intensivo, sua rentabilidade é profundamente afetada pela eficiência de combustível e taxa de utilização da aeronave, em adição aos custos trabalhistas. (VASIGH *et al.*, 2008). Assim, já existe uma preocupação natural da indústria aeronáutica em reduzir ao máximo a queima de combustível (VASIGH *et al.*, 2008), resultando numa pressão indireta do próprio mercado pela redução das emissões de gases de efeito estufa.

No caso da aviação, a União Europeia é pioneira na discussão pública sobre a utilização de instrumentos de mercado no transporte aéreo. A aviação foi incluída no *Emission Tradings Scheme (ETS)* em 2012, o que iniciou uma série de disputas com outros países (como Estados Unidos, China e Índia) e até mesmo com a principal fabricante de aeronaves do continente, a Airbus. As disputas fizeram com que a União Europeia concordasse em reunião da Organização de Aviação Civil internacional (OACI), ocorrida em outubro de 2013, a limitar a aplicação do instrumento aos voos restritos ao seu território, ou seja, com decolagem e pouso dentro da União Europeia.

7.1.2. Taxação de carbono na aviação brasileira

A taxa de carbono não é o equivalente a uma taxa sobre o combustível. Uma taxa de carbono objetiva internalizar uma falha de mercado, que é a externalidade gerada pela emissão de gases de efeito estufa. Sendo assim, uma taxa sobre o combustível não estaria cumprindo completamente o objetivo de reduzir emissões. Veículos ineficientes, com elevada emissão, mas que consumem a mesma quantidade de combustível estariam classificados da mesma forma que os eficientes. Conclui-se que taxas de carbono devem endereçar critérios de eficiência ecológica, sendo atreladas à mensuração de emissão “na descarga” de cada veículo.

A situação ideal consistiria na elaboração de uma taxa de carbono para todos os meios de transporte, de acordo com sua eficiência, para evitar concorrência desequilibrada entre diferentes modos de transporte. A criação de uma taxa de emissão de carbono somente no transporte aéreo resultaria em aumento no preço de passagens aéreas, o que poderia resultar na redução da demanda por esse modo e na migração destes passageiros para outros modos e, assim, gerar até mesmo aumentos de emissão (HOFER *et al.*, 2010),.

Adotam-se os seguintes pressupostos:

1. Produtos aeronáuticos (aeronaves, motores, hélices e componentes) são necessariamente certificados, tanto no curso do projeto quanto para a produção. Os regulamentos incluem critérios de emissão para motores aeronáuticos;
2. Todas as aeronaves passam por revisões periódicas por parte da autoridade reguladora;
3. Tanto as aeronaves, quanto motores e aeronautas devem possuir registros de operação (citam-se os registros de aeronautas como forma de cruzamento e verificação da confiabilidade das informações);

4. As movimentações aéreas são controladas por órgãos de tráfego e podem servir de meio de monitoração de operação (“mensagens de movimento”).

Com relação às mensagens de movimento, esta é definida como (DECEA, 2013):

Mensagens de movimento e de controle são mensagens referentes ao movimento real ou previsto de aeronaves. Essas mensagens serão baseadas nas informações mais recentes proporcionadas aos órgãos ATS pelo piloto, explorador ou seu representante designado ou, ainda, pelas informações obtidas por meio do sistema de vigilância ATC.

Estas mensagens são utilizadas para fins de cobrança de tarifas de navegação aérea. Tais tarifas referem-se à utilização de serviços, instalações, auxílios e facilidades destinados a apoiar e tornar segura a navegação aérea no país, conforme proporcionados pelos órgãos e elos do Sistema de Controle do espaço Aéreo – SISCEAB. A existência das taxas é o principal motivador para a existência de um sistema de controle como aquele baseado nas mensagens de movimento. E, como subproduto importante, o mesmo sistema é utilizado para fiscalização eletrônica da aviação.

Considera-se que taxas de emissão de carbono teriam consequência semelhante. A motivação financeira advinda da cobrança das taxas resultaria na manutenção de um sistema de controle sobre as operações, o que permitiria muito mais facilidade quando da elaboração um inventário de emissões da aviação. Como subproduto, este sistema permitiria a vigilância das operações para outros fins, como para fins de fiscalização eletrônica das operações aeronáuticas e poderia resultar em aumento de segurança.

Desta forma, seriam três os benefícios da adoção de uma taxa de carbono na aviação:

- 1- A internalização de externalidades econômicas, de acordo com a eficiência ecológica do veículo, o que geraria incentivos econômicos para a adoção daqueles mais eficientes. Isto resultaria na redução das emissões do modo aéreo;
- 2- A arrecadação proveniente das taxas;
- 3- Incentivos financeiros para a implementação de um sistema de controle de operação de aeronaves que facilitaria a avaliação de emissões, a elaboração de inventários e o desenho de políticas públicas mais eficazes, pois seria possível um maior conhecimento das emissões em um intervalo de tempo menor.

7.1.3. Considerações finais sobre a alternativa

Instrumentos de mercado abordam falhas de mercado referentes às “externalidades ambientais”. O instrumento que vem sendo considerado internacionalmente para o transporte aéreo é a taxaço de carbono. A taxaço de carbono é diferente da taxaço de combustíveis, pois a taxaço de carbono deve considerar a eficiência ecológica dos veículos. Somente considerando tal eficiência o instrumento seria capaz de estimular a adoço de veículos mais eficientes.

A discussáo da adoço de tal instrumento no Brasil, apesar de, em princípio, independer da discussáo diplomática do assunto, por conta da soberania do país, pode impactar o relacionamento comercial entre países. Assim, deveria ser discutida nos fóruns internacionais adequados, visando identificar a viabilidade efetiva de sua aplicaço, evitando o ocorrido na União Europeia, onde, por pressão de parceiros comerciais, um sistema de taxaço foi implantado e depois retirado. Ainda, deve-se estudar o impacto da taxaço de carbono naquela região, dado que o instrumento foi mantido para voos internos.

A indústria aeronáutica é fortemente regulada e fiscalizada e existiriam meios para a aplicaço efetiva de uma taxa de carbono. Esta taxa traria benefícios como: o incentivo à adoço de veículos mais eficientes; a arrecadaço financeira; e a melhoria da capacidade de resposta, quantidade e qualidade da informaço sobre movimentações aeronáuticas e emissões.

Porém, uma taxa de carbono somente sobre a aviação poderia resultar em desequilíbrios de competiço entre modos de transporte, podendo privilegiar modos com mais emissões, resultando em um efeito contrário ao pretendido.

7.2. Políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico

7.2.1. Desenvolvimento de novas tecnologias e produtos

O poder público pode atuar em parceria com a iniciativa privada para incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias, seja financiando pesquisas ou estimulando parcerias com instituições públicas.

Exemplo no Brasil é o desenvolvimento de carros movidos a etanol. A tecnologia necessária foi desenvolvida no âmbito do Centro de Tecnologia da Aeronáutica, instituto de pesquisa da Aeronáutica em São José dos Campos. Houve

ainda grande participação do poder público, por meio da Petrobras, para a operacionalização da distribuição de combustíveis.

7.2.2. Renovação de frota

Aeronaves novas são mais eficientes que aeronaves antigas. Existem aeronaves ainda em operação no Brasil que foram fabricadas na década de 70, como aeronaves Boeing 707. Desde então, muitas inovações no projeto de aeronaves permitiram o aumento da eficiência energética e de emissões.

Apesar do maior consumo de combustível dessas aeronaves e do maior custo operacional que implicam, é necessário um elevado investimento inicial para substituí-las por aeronaves mais novas. A administração pública pode atuar para incentivar sua substituição, seja oferecendo linhas de crédito mais baratas para sua substituição ou taxando as emissões de carbono.

Também podem ser implementadas medidas de restrição de operação de aeronaves mais antigas. Caso semelhante ocorreu no contexto internacional com restrição de voo de aeronaves que não cumprissem com determinados requisitos de ruído. Foi estabelecido um calendário com limites progressivos de proibição de voos de aeronaves e os respectivos limites, o que levou a sua substituição progressiva por aeronaves mais novas e menos ruidosas.

Evidentemente, o estabelecimento de linhas de crédito, taxaço de emissões e a imposição de limites de eficiência energética trazem impacto econômico que deve ser avaliado para a decisão de qual medida, ou combinação de medidas, é mais eficiente.

7.2.3. Sistema de controle de tráfego aéreo mais eficiente

Diversas novas tecnologias de controle de tráfego aéreo foram desenvolvidas nos últimos tempos, mas é necessário que estas sejam transformadas em um sistema integrado de navegação aérea.

Há um projeto em desenvolvimento nos Estados Unidos, batizado *Next Generation Air Transportation System (NextGen)*, para a implantação do novo sistema nacional de suporte à navegação aérea. Esta implantação está em andamento e deve ocorrer em etapas. A autoridade de aviação local estima que, até 2018, o sistema NextGen reduzirá o consumo de combustível de aviação em 1,4 bilhões de litros, reduzir as emissões em 14 milhões de toneladas e economizar 23 bilhões de dólares em custos (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016).

Sistemas atuais de navegação aérea no Brasil se baseiam em auxílios rádio localizados em solo, como antenas de rádio. O projeto visa substituir estes auxílios pela referência a satélites, em ampla escala. A tecnologia GPS seria utilizada para encurtar as rotas, economizando tempo e combustível.

O caso brasileiro, porém, difere do caso americano, pois naquele caso existe uma única agência responsável pela certificação de aeronaves, pessoas e empresas e pela navegação aérea. No Brasil, cabe à Agência Nacional de Aviação Civil a certificação e vigilância continuada de aeronaves, pessoas e empresas, enquanto cabe à Aeronáutica a implantação, operacionalização e supervisão do sistema de navegação aérea. Estes organismos devem atuar em conjunto para a implantação de um novo sistema nacional de navegação aérea, incorporando novas tecnologias, e atuando para que as empresas e aeronaves que operam no Brasil sejam capazes de se adaptar ao novo sistema.

7.2.4. Considerações finais sobre a alternativa

Iniciativas que visem à renovação de frota e a implantação de um sistema integrado de navegação aérea podem ser implantados no Brasil com vistas à redução de emissões, e devem ser avaliados em maiores detalhes, pois constituem pontos em que o Estado pode influenciar o comportamento do mercado.

7.3. Biocombustíveis

O setor de transportes é extremamente dependente de combustíveis fósseis. Uma das estratégias possíveis para reduzir esta dependência e reduzir a emissão de carbono pelo setor de transportes é o uso de biocombustíveis. Esta estratégia se torna ainda mais importante quando se considera os transportes marítimo e aéreo, modos de transporte onde a eletrificação das frotas encontra sérios entraves, devido ao peso e às longas distâncias percorridas.

A utilização de biocombustíveis também traz outros benefícios, como o aumento da segurança energética, principalmente para aqueles países extremamente dependentes da importação de fontes de energia que possuem potencial para produção de biocombustíveis. Além disso, o desenvolvimento de um novo sistema de produção pode trazer uma série de benefícios socioeconômicos.

Ao contrário de estimativas existentes de que seria possível adotar de curto a médio prazo o uso de energia elétrica no setor de transportes terrestres, o transporte aéreo não apresenta alternativa viável aos combustíveis fósseis nas próximas décadas. Há o desenvolvimento de projetos de aeronaves movidas à bateria, mas considera-se improvável que aviões comerciais movidos à eletricidade estejam em serviço antes de 2040 e não se espera que sua autonomia ultrapasse 2000 km. Biocombustíveis são, portanto, a única alternativa visível em termos de energia renovável disponível para o transporte aéreo.

A Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) estima que uma proporção de três por cento do volume de mistura de biocombustível de segunda geração em todo o mundo poderia reduzir as emissões de CO₂ da aviação em cerca de dois por cento, o que seria uma redução de mais de 10 milhões de toneladas de CO₂. A IATA estima ainda que seria necessário um investimento de cerca de US \$ 10-15 bilhões em instalações de produção e distribuição.

7.3.1. Culturas avançadas

Nos últimos anos, diversas novas formas de produção de biocombustíveis foram anunciadas, como a conversão de açúcares em combustíveis diesel sintéticos. Entre elas, inclui-se o uso de micro-organismos como fungos, algas heterotróficas ou cianobactérias que transformam o açúcar em alcanos, hidrocarbonetos básicos para produção de gasolina, diesel e combustível de aviação (BLOMMEL *et al.*, 2008). Porém, até o momento o processo não foi demonstrado em escala comercial.

Outra fonte para produção de biocombustível de aviação que surge com grande possibilidade comercial é a produção de algas. As algas são cultivadas comercialmente desde 1950 para utilização na indústria farmacêutica, mas recentemente ganharam atenção como uma fonte potencial de biomassa. As algas apresentam elevado potencial de produtividade por hectare, podendo ser cultivadas em terras não aráveis e sendo capazes de utilizar uma grande variedade de fontes de água (doce, salobra, salina e águas residuais).

As algas são, potencialmente, a matéria-prima mais promissora para a produção de grandes quantidades de biocombustível de aviação. Estas plantas microscópicas podem ser cultivadas em água poluída ou salgada, desertos e outros lugares inóspitos. Crescem a partir de dióxido de carbono, o que as torna ideais para a captura de carbono (absorção de dióxido de carbono). Uma das maiores vantagens das algas para a

produção de biocombustíveis, mas também um motivo de cuidado, é a velocidade com que a matéria-prima pode crescer. Estima-se que as algas produzem até 15 vezes mais biocombustível por quilômetro quadrado do que outras culturas (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2016).

No entanto, o cultivo de algas enfrenta vários desafios, relacionados principalmente com a disponibilidade de locais com luz do sol suficiente, água, a quantidade de nutrientes necessários e as técnicas para extração de óleo a partir da biomassa (DARZINS *et al.*, 2010). Indica-se que o maior potencial para produção de biocombustíveis a partir de algas seria para produção de biocombustíveis com características análogas ao diesel de alta qualidade e ao combustível de aviação, dado que existem poucas alternativas para substituir esses combustíveis.

No entanto, o cultivo de algas e a posterior extração do óleo a partir de sua biomassa ainda não se provou economicamente viável (DARZINS *et al.*, 2010). A pesquisa de variedades de algas mais adequadas e sua manipulação genética, as preocupações sobre possíveis efeitos adversos como contaminação e reprodução excessiva das algas, entre outros, apresentam-se como desafios para o desenvolvimento e comercialização de biocombustíveis à base de algas, exigindo esforços de pesquisa e desenvolvimento talvez maiores do que outras estratégias para desenvolvimento de biocombustíveis. A produção comercialmente viável de biocombustíveis a partir de algas depende de estratégias eficazes para geração de alto volume de combustíveis com baixo valor de produção e comercialização, juntamente com uma boa rentabilidade para os produtores.

Estima-se (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2011) que até 2050 os biocombustíveis possam representar 27% do total de combustíveis utilizados pelos transportes, contribuindo particularmente para a substituição do diesel, querosene e combustível de aviação. A projeção é de que estes biocombustíveis possam evitar a emissão de até 2,1 gigatoneladas de CO₂ por ano quando produzidos de forma sustentável.

7.3.2. Distribuição de biocombustível de aviação

O suprimento de combustível para a indústria da aviação comercial envolve menor quantidade de pontos de distribuição e seria, portanto, menos complexa que a distribuição de combustíveis para outras formas de transporte. Por essa razão, pode-se

estimar que seria mais fácil implementar o uso absoluto de biocombustíveis na aviação quando comparado a outros modos de transporte.

Por exemplo, há aproximadamente 160.000 postos de combustíveis automotivos nos Estados Unidos, enquanto há somente cerca de 2.000 aeroportos que movimentam mais de 95% dos passageiros. Similarmente, há aproximadamente 580 milhões de veículos rodoviários nos Estados Unidos comparados às aproximadamente 23.000 aeronaves (AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2009).

Desta forma, a integração de biocombustíveis ao sistema de aviação tem o potencial de ser operacionalmente mais simples do que seria em uma cadeia de distribuição de combustíveis mais dispersa e menos controlada como a de automóveis rodoviários.

7.3.3. Características necessárias

É importante que os biocombustíveis de aviação possuam a capacidade de substituir diretamente os combustíveis tradicionais. Desta forma, devem possuir as mesmas qualidades e características. Isto é importante para assegurar que os fabricantes não precisem redesenhar aeronaves e motores e que empresas aéreas e aeroportos não precisem desenvolver novos sistemas de abastecimento. Atualmente, a indústria da aviação está focada em produzir biocombustíveis que possam ser substitutos diretos do combustível tradicional, seja através de misturas com os combustíveis tradicionais ou substituindo-os integralmente.

Alguns combustíveis de primeira geração, como biodiesel e etanol, não são substitutos diretos para combustíveis de aeronaves comerciais, pois não atendem os requisitos de alto desempenho ou especificações de segurança necessários.

Contudo, avanços recentes na produção de biocombustíveis de segunda geração resultaram em biocombustíveis que não só cumprem com os requisitos dos combustíveis tradicionais como os superam (AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2009).

7.3.4. Considerações finais sobre a alternativa

A indústria de combustíveis fósseis tem uma vantagem de pelo menos 100 anos em relação aos biocombustíveis, que ainda se encontram em uma fase inicial de desenvolvimento. É necessário o esforço não só da iniciativa privada como dos

governos para que sua produção se torne viável. Existem dois parâmetros para a viabilidade comercial da produção de biocombustível: seu custo de produção e os preços de seu concorrente direto, o combustível fóssil. O aumento do preço dos combustíveis fósseis ou o avanço da tecnologia de produção de biocombustível tornaria estes mais atrativos. Estima-se que 85% dos custos de produção de biocombustíveis estejam relacionados com o custo da matéria-prima (AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2009).

O aumento da escala de produção levaria os preços a cair. Devido à sua natureza renovável, as matérias-primas poderiam ser continuamente produzidas, mantendo uma certa estabilidade em custos e preços. Por outro lado, a produção de óleo pode variar substancialmente, gerando grande variabilidade nos preços. No ano de 2008 o preço do barril chegou a 147 dólares por barril em junho e caiu para 40 dólares em dezembro. Estima-se que o preço dos biocombustíveis de aviação poderia estar no patamar do preço dos tradicionais por volta de 2020 (AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2009). Há de se considerar ainda a possibilidade de taxaço de emissões, que pode adicionar um custo de carbono para o combustível de aviação, o que tornaria o biocombustível ainda mais atrativo.

Os principais desafios para uma ampla implantação dos biocombustíveis já não são mais técnicos, mas comerciais e políticos. Atualmente, os biocombustíveis são significativamente mais caros do que o querosene de aviação tradicional. Portanto, a demanda é baixa e o risco é alto para o investimento em infraestrutura de produção. Alguma forma de política de estímulo é necessária para torná-lo viável.

7. CONCLUSÃO

O ser humano, por conta dos complexos problemas que enfrenta em seu ambiente, evoluiu heurísticas cognitivas para tomada de decisão, tanto intuitivas quanto emocionais. Tais heurísticas fazem com que suas escolhas sejam influenciadas pelo meio. Suas escolhas são dependentes do enquadramento do problema.

Assim, tomadores de decisão com poder sobre enquadramentos contextuais são capazes de influenciar o comportamento individual. Esse problema é conhecido como arquitetura de escolha. O Estado é, por definição, o ente social capaz de usar o poder de coerção para influenciar comportamentos. Mas, como visto, a coerção não é o único meio que influencia comportamentos. O enquadramento de escolhas, ou arquitetura, é outro. Assim como o são valores socialmente compartilhados.

Tecnologias são fontes importantes de enquadramento. Fornecem grande capacidade de transformação contextual, moldando realidades e influenciando escolhas. Dessa forma, políticas públicas voltadas para a tecnologia não só impactam diretamente o desenvolvimento das próprias tecnologias. Elas também moldam, indiretamente, comportamentos humanos.

Por sua vez, são os padrões de comportamento humanos que, quando agregados, fazem surgir entidades complexas como economias, sociedades, além das próprias tecnologias e Estados. Cria-se assim um ciclo de retroalimentação em que essas entidades influenciam comportamentos individuais que por sua vez formam os comportamentos agregados que dão origem ao ente. Logo o processo se torna complexo ao ponto de ser computacionalmente intratável e, portanto, incontrolável.

Conforme identificado, a única forma conhecida de gerar instruções que solucionam determinado problema sem se ter o conhecimento da solução em adiantamento é a partir da evolução de uma resposta. Para evoluir uma resposta é preciso ter um corpo de informações que possa ser replicado, uma taxa de variação nem muito pequena nem muito grande, e um critério consistente de seleção. Com esse procedimento, permite-se a agregação contínua de melhorias, até que se chegue a um resultado suficientemente bom.

O Estado, assim, na incapacidade de buscar uma solução determinística para problemas complexos e incontroláveis de políticas públicas, deve, por um lado, estimular o surgimento de novas ideias enquanto, por outro, estabelece critério consistentes de seleção. Os critérios a ser escolhidos devem estar ligados ao objetivo

maior do Estado: manter a ordem pública e o ambiente de cooperação, para que cidadãos trabalhem em conjunto visando o bem-estar comum.

Conforme exposto, o significado de bem-estar, apesar de difícil de ser precisamente definido, ainda assim deve ser considerado. É preciso admitir que é possível, em princípio, determinar níveis de bem-estar de acordo com estados internos e externos ao indivíduo, para a investigação científica e elaboração de políticas públicas adequadas. Tal como a saúde, que não possui um único e preciso significado mensurável, é considerada de forma objetiva pelo Estado, com o apoio da ciência. O Estado é, portanto, o ambiente apropriado para a discussão de questões morais e de justiça, de forma a decidir como buscar coletivamente o bem-estar comum.

Sob o ponto de vista da geração de novas ideias, políticas públicas de tecnologia devem considerar adequadamente o seu processo de evolução. A tecnologia é formada por subsistemas, de forma iterativa, em que subsistemas se apoderam de fenômenos naturais e formam uma estrutura organizada de instruções. A combinação de sistemas permite a "programação" de fenômenos que, se possíveis de ser combinados de forma útil, resultam em novas funções. Dessa forma, para estimular o surgimento de novas tecnologias, existiriam duas maneiras: estimular a compreensão de fenômenos, a partir de fomento à investigação, para que novas apropriações sejam possíveis; estimular a difusão e compartilhamento de ideias que já existentes.

A avaliação da estrutura financeira do transporte aéreo permite perceber que existe uma pressão contínua pela redução de custos e, conseqüentemente, pelo aumento de eficiência. Desta forma, pouco pode fazer o poder público no sentido de fomentar a adoção de novos meios de eficiência, a não ser fornecer linhas de crédito para a renovação de frota nos mercados em que não há capital privado suficiente. A manutenção de mecanismos de garantia da concorrência seria o suficiente para manter a pressão pela redução do consumo de combustível e, conseqüentemente, de emissões.

Uma opção clara do poder público quanto à opção por biocombustíveis é a proposta que resulta da avaliação do material levantado pelo presente trabalho. A opção clara por biocombustíveis estabelece um norte para o mercado da aviação sobre pra onde devem ser direcionados investimentos. Mas, evidente que somente tal determinação não é suficiente. Caso a determinação não resulte em resposta efetiva dos mercados para a busca de soluções tecnológicas, não haveria possibilidade do estabelecimento de mecanismos de coerção, pois iriam prejudicar o mercado de transporte aéreo e, conseqüentemente, todos os entes que dele dependem. Foi visto que

existe uma complexa rede de interdependência entre sistemas sociotécnicos e economias. Assim, a opção do poder público deve ser associada a programas de estímulo por desenvolvimento tecnológico e remissão de barreiras à difusão de ideias, de forma a garantir que sua opção seja reflita em resultados práticos.

O papel do Estado é, portanto, esclarecer uma escolha. E, de acordo com o que foi estudado, a escolha tecnológica que mais se ajustaria ao contexto de momento é pelos biocombustíveis. Restaria, assim, um estudo mais rigoroso sobre os mecanismos de influência que deveriam ser empregados para que essa escolha, ao ser comunicada, resulte em efetiva adoção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, R., UEDA, Y., 2000, *The Chaos Avant-garde: Memories of the Early Days of Chaos Theory*, 1 ed., Singapore, World Scientific Publishing.
- ABRAMOVITZ, M., 1989, *Thinking About Growth: And Other Essays on Economic Growth and Welfare*. 1 ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- ADLER, P.S., KWON, S.W., 2002, "Social Capital: Prospects for a New Concept", *The Academy of Management Review*, v. 27, n. 1 (Jan), pp. 17-40.
- AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2009. *Beginner's Guide to Aviation Biofuels*. Genebra.
- AKERLOF, G., 1970, "The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism", *The Quarterly Journal of Economics*, v. 84, n. 3 (Ago), pp. 488-500.
- _____. 2015, *Phishing for Phools: The Economics of Manipulation and Deception*, 1 ed, Princeton, Princeton University Press.
- ALMEIDA, F., 2007, *Os Desafios da Sustentabilidade: Uma Ruptura Urgente*, 1 ed., São Paulo, Elsevier.
- ANDERSON, C.W., 1979, "The Place of Principles in Policy Analysis", *American Political Science Association*, v. 73, n. 3 (Set), pp. 711-723.
- ANDERSON, J.R., 2000, *Cognitive Psychology and Its Implications*, 8 ed., New York, Worth Publishers.
- ARIELY, D., 2010, *Predictably Irrational*, 2 ed., New York, Harper Perennial.
- _____. 2012, "A Mais Pura Verdade Sobre a Desonestidade", 1ed., Rio de Janeiro, Elsevier.
- ARISTÓTELES, 2015, *Ética a Nicômaco*, 1 ed., São Paulo, Martin Claret.
- ARTHUR, W. B., 2011. *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*.1 ed., New York, Free Press
- _____. 1989, "Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events", *The Economic Journal*, v. 99, n. 394 (Mar), pp. 116-131.
- ASHBY, W.R., 1956, *An Introduction to Cybernetics*, London, Chapman & Hail.
- BARNARD, C., 1971, *The Functions of the Executive: 30th Anniversary Edition*. 1 ed. Cambridge, Harvard University Press.
- BASTOS, A. L., BAUM, D. M., DIAS, D. P., 2007, "Ruídos e Emissões no Transporte Aéreo". *Journal of Transport Literature*, n. 1, v. 1, pp. 66-104.
- BENNETT, C.H., 1988, "Logical Depth and Physical Complexity". In: Herken, R. (ed.), *The Universal Turing Machine— a Half-Century Survey*, pp. 227-257, Oxford, Oxford Univesity Press.
- BERTALANFFY, L.V., 1975, *Teoria Geral dos Sistemas*, 2 ed., Petrópolis, Editora Vozes.
- BLACKMORE, S., 2008, "Memes and Temes", TED Talks. Disponível em: <http://www.ted.com/talks/susan_blackmore_on_memes_and_temes>, Acesso em: 12 fev. 2017, 09:32.

- BLAIR, J., MITCHELL, D., BLAIR, L., 2005, *The Psychopath: Emotion and the Brain*, 1 ed., New York, Wiley-Blackwell.
- BLOMMEL, P.G., et al. 2008. "Catalytic conversion of sugar into conventional gasoline, diesel, jet fuel, and other hydrocarbons". *International Sugar Journal*. 2008, v. 110, n.1319, pp. 672-679.
- BOBBIO, N., 2003, *Locke e o Direito Natural*, 2 ed., Brasília, UNB.
- BOK, D., 2010, *The Politics of Happiness: What Government Can Learn from the New Research on Well-Being*, 1 ed., Princeton, Princeton University Press.
- BOX, G.E.P., DRAPER, N.R., 1987, *Empirical Model-Building and Response Surfaces*, 1 ed., Nova Jersey, Wiley.
- BRASIL. Decreto nº 6.780, 18 de fevereiro de 2009. Política Nacional de Aviação Civil. Diário Oficial da União, Brasília, 19 fev. 2009.
- BROOKS, D., 2014, *O Animal Social*, 1 ed., Rio de Janeiro, Objetiva.
- BUCHANAN, J. M., 1965, "An Economic Theory of Clubs". *Economica*, v. 32, n. 125 (Fev), pp. 1-14.
- BURKE, E., 2006, *Reflections on the Revolution in France*, 1 ed., New York, Dover Publications.
- BURSZTYN, M., 2001, "Ciência, Ética e Sustentabilidade: Desafios ao Novo Século". In: Burstyn, M. (org.), *Ciência, Ética e Sustentabilidade*, 2 ed., Introdução, São Paulo, UNESCO.
- BURSZTYN, M.A., BURSZTYN, M., 2013, *Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: Caminhos para a Sustentabilidade*. 1 ed. Rio de Janeiro, Garamond.
- CAPRA, F., LUISI, P.L., 2014, *The Systems View of Life: a Unifying Vision*, 1 ed., Cambridge, Cambridge University Press.
- CARPENTER, D., MOSS, D.A., 2013, *Preventing Regulatory Capture: Special Interest Influence and How to Limit it*, 1 ed., New York, Cambridge University Press.
- CARSON, R., 2002, *Silent Spring: 40th Anniversary Edition*. 1 ed. Boston, Mariner Book.
- CASEBEER, W.D., 2005, *Natural Ethical Facts: Evolution, Connectionism, and Moral Cognition*, 1 ed., Cambridge, A Bradford Book.
- CHEVALLIER, J., 2013, *O Estado de Direito*, 1 ed., Belo Horizonte, Fórum.
- CHISTI, Y., 2007. "Biodiesel From Microalgae". *Biotechnology Advances*. n. 25, pp. 294-306.
- CLARK, A., 1998, *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*, 2 ed., Cambridge, A Bradford Book - MIT Press.
- COOPER, T.L., 2006, *The Responsible Administrator: An Approach to Ethics for the Administrative Role*, 5 ed., New Jersey, Jossey-Bass.
- CSIKSZENTMIHALYI, M., 1999, "If We Are So Rich, Why Aren't We Happy?", *American Psychologist*, v. 54, n. 10, pp. 821-827.
- _____. 2008, *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, 1 ed., New York, Harper Perennial.
- DAMASIO, A., 2005, *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, 2 ed., New York,

Penguin Books.

DARWIN, C., 2004, *The Descent of Man*, 1 ed., Londres, Penguin Classics.

_____. 2013, *A Origem das Espécies*, 1 ed., Salvador, Nostrum Edituora.

DARZINS, A., PIENKOS, P., EDYE, L. 2010. Current Status and Potential for Algal Biofuels Production. Report to IEA Bioenergy Task 39.

DAVID, P.A., 1985, "Clio and the Economics of QWERTY", *The American Economic Review*, v. 75, n. 2 (Mai), pp. 332-337.

DAWKINS, R., 1986, *The Blind Watchmaker*, 1 ed., New York, Norton.

_____. 1990, *The Selfish Gene*, 2 ed., Oxford, Oxford University Press.

_____. 1996, *Climbing Mount Improbable*, 1 ed., New York, Norton.

DE QUERVAIN, D.J.F., FISCHBACHER, U., TREYER V., SCHELLHAMMER, M., SCHYNYDER, U., BUCK, A., FEHR, E., "The Neural Basis of Altruistic Punishment", *Science*, v. 305, n. 5688 (Ago), pp. 1254-1258.

DE WECK, O.L., ROOD, D., MAGEE, C.L., 2012, *Engineering Systems: Meeting Human Needs in a Complex Technological World*, 1 ed., Cambridge, The MIT Press.

DECEA - DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Portaria nº227/DGCEA, de 17 de outubro de 2013. Aprova a edição da ICA 100-12. Boletim do Comando da Aeronáutica, nº 182. Brasília, 24 out.2016.

DELEON, P., DELEON, L., 2002, " What Ever Happened to Policy Implementation? An Alternative Approach", *Journal of Public Administration Research and Theory*, v.12, n. 4 (Out), pp. 467-492.

DENNETT, D., 1986, *The Moral First Aid Manual*, 1 ed., University of Michigan.

_____. 2010, "Two Black Boxes: A Fable", *Activitas Nervosa Superior*, v. 52, n. 2, pp. 81-84.

_____. 1996, *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*, 2 ed., New York, Simon & Schuster.

_____. 2003, *Freedom Evolves*, 1 ed., New York, Viking Press.

DIAMOND, J.M., 1999, *Guns, Germs and Steel: The Fates of Human Societies*, 1 ed., New York, Norton.

DODGE, K.A., 1991, "Emotion and social information processing". In: Garber, J., Dodge, K.A. (eds.) *The development of emotion regulation and dysregulation*, 1 ed., New York, Cambridge University Press, pp. 159-181.

DOLAN, M., FULLAM, R., 2006, " Face Affect Recognition Deficits in Personality-Disordered Offenders: Association with Psychopathy", *Psychological Medicine*, v. 36, n. 11 (Nov), pp. 1563-1569.

DUDLEY, S.E., BRITO, J., 2012, *Regulation: A Primer*, 2 ed., Virginia, Mercatus Center at George Mason University.

DUHIGG, C., 2012, *O Poder do Hábito*, 1 ed., Rio de Janeiro, Objetiva.

- EDELMAN, M., 1998, *Constructing the Political Spectacle*, 1 ed., Chicago, University of Chicago Press.
- ELBEL, B., KERSH, R., BRESROLL, V.L., DIXON, L.B., 2009, "Calorie Labeling and Food Choices: A First Look At The Effects On Low-Income People In New York City", *Health Affairs*, v. 28, n. 6 (Nov/Dez), pp. 1110-1121.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013. *Balço Energético Nacional 2013*. Brasília, Ministério de Minas e Energia.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016. *NextGen Implementation Plan*. FAA.
- FERREIRA, L.P., GUANABARA, R., JORGE, V.L. (orgs.), 2013, *Curso de Ciência Política*, 1 ed., Rio de Janeiro, Elsevier
- FERRY, L., 2015, *A Inovação Destruidora*, 1 ed., Rio de Janeiro, Objetiva.
- FESTINGER, L., 1957, *A Theory of Cognitive Dissonance*, 1 ed., California, Stanford University Press.
- FITOUSSI, J.P., LAURENT, E., 2011, *La Nueva Ecología Política: Economía y Desarrollo Humano*. 1 ed. Buenos Aires, Capital Intelectual.
- FLYVBJERG, B., 2006, "From Nobel Prize to ProjectManagement: Getting Risks Right", *Project Management Institute*, v. 37, n. 3, pp. 5-15.
- FLYVBJERG, B., HOLM, M.K.S., BUHL, S.L., 2005, "How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects?: The Case of Transportation", *Journal of the American Planning Association*, v. 71, n. 2 (Mar), pp. 131-146.
- FODOR, J.A., 2001, *The Mind Doesn't Work That Way: The Scope and Limits of Computational Psychology*, 1 ed., Cambridge, A Bradford Book.
- FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2015, *Conference of the Parties: Twenty-first session, United Nations, Paris, França*.
- FUKUYAMA, F., 2013, *As Origens da Ordem Política*, 1 ed., Rio de Janeiro, Rocco.
- _____. 2014, *Political Order and Political Decay: From the Industrial Revolution to the Globalization of Democracy*, 1 ed., New York, Farrar, Straus and Giroux.
- GARCÍA-PELAYO, M., 2009, *As Transformações do Estado Contemporâneo*, 1 ed., Rio de Janeiro, Forense.
- GAZZANIGA, M.S., 2006, *The Ethical Brain: The Science of Our Moral Dilemmas*, 1 ed., New York, Harper Perennial.
- GLENN, A.L., RAINE, A., SCHUG, R.A., 2009, "The neural correlates of moral decision-making in psychopathy", *Molecular Psychiatry*, v. 14, n.1 (Jan), pp. 5-6.
- GNEEZY, U., RUSTICHINI, A., 2000, "A Fine is a Price", *Journal of Legal Studies*, v. 29, n. 1 (Jan), pp. 1-17.
- GOULD, S.J., VRBA, E.S., 1982, "Exaptation – A Missing Term in the Science of Form", *Paleobiology*, v. 8, n. 1 (Jan), pp. 4-15.
- GRANOVETTER, M.S., 1973, "The Strength of Weak Ties", *American Journal of Sociology*, v. 78, n.6 (Mai), pp. 1360-1380.

- GREGORY, R.L., 1981, *Mind in Science: History of Explanations in Psychology and Physics*, 1 ed., Worthing, Littlehampton Book Services Ltd.
- Haidt, J., 2001, "The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment", *Psychological Review*, v. 108, n. 4 (Out), pp. 814-834.
- HARARI, Y.N., 2015, *Sapiens: Uma Breve História da Humanidade*, 1 ed., Porto Alegre, L&PM.
- _____. 2016, *HomoDeus*, 1 ed., São Paulo, Companhia das Letras.
- HARDIN, G., 1968, "The Tragedy of The Commons", *Science*, v. 162, n. 3859 (Dez), pp. 1243-1248.
- HARE, R.D., 1998, *Without Conscience: The Disturbing World of the Psychopaths Among Us*, 1 ed, New York, Guilford Publications.
- HARRIS, S., 2013, *A Paisagem Moral*, 1 ed., São Paulo, Companhia das Letras.
- HAUSER, M., 2007, *Moral Minds: The Nature of Right and Wrong*, 2 ed., New York, Harper Perennial.
- HAWKINS, F.H., ORLADY, H.W., 1993, *Human Factors in Flight*, 2 ed., Abingdon, Routledge.
- HAYEK, F.A., 2013, *Law, Legislation and Liberty: A New Statement of the Liberal Principles of Justice and Political Economy: Vol 1-3*, 1 ed., New York, Routledge.
- HEIDEGGER, M., 1977, "The Age of the World Picture." In: *The Question concerning Technology and Other Essays*. New York, Harper and Row.
- HOBBS, T., 2008, *Leviatã*, 2 ed., São Paulo, Martin Claret.
- HOFER, C., DRESNER, M.E., WINDLE, R.J., 2010, "The Environmental Effects of Airline Carbon Emissions Taxation in the US", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 15, n. 1 (Jan), pp. 37-45.
- HUME, D., 2003, *A Treatise of Human Nature*, 1 ed., New York, Dover Publications.
- IMPrensa Nacional, 2015. "Relatório de Gestão do Exercício de 2015". Disponível em: <<http://portal.imprensanacional.gov.br/aceso-a-informacao/auditorias/relatorio-in-2015-consolidado-e-publicado-pelo-tcu.pdf/view>>. Acessado em: 13 fev, 2017 01:40.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1999, *Aviation and The Global Atmosphere*
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2010. *Medium Term Oil and Gas Markets*. Paris, OECD.
- _____. 2011. *Technology Roadmap: Biofuels for Transport*. Paris, OECD.
- JAMES, W., 1950, *The Principles of Psychology*, 2 ed., New York, Dover Publications.
- _____. 1981, *Pragmatism*, 1 ed., Indianápolis, Hackett Publishing Company.
- JOERGES, B., 1999, "Do Politics Have Artefacts?", *Social Studies of Science*, v. 29, n. 3 (Jun), pp. 411-431.
- JOHNSON, B., 2015, "Great Horse Manure Crisis of 1894", *History Magazine*. Disponível em: <<http://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofBritain/Great-Horse-Manure-Crisis-of-1894/>>, Acesso em: 11 fev. 2017, 21:52.

JOHNSON, S., 2002, *Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software*, 2 ed., New York, Scribner.

_____. 2011, *De Onde Vêm as Boas Ideias*, 1 ed., Rio de Janeiro, Zahar.

_____. 2015, *Como Chegamos Até Aqui: a História das Inovações que Fizeram a Vida Moderna Possível*, 1 ed., Rio de Janeiro, Zahar.

KAHAN, D., 2012, "Why We Are Poles Apart on Climate Change", *Nature*, v., 488, n. 7411 (Ago), pp. 255.

KAHNEMAN, D., 2011, *Rápido e Devagar: Duas Formas de Pensar*, 1 ed., Rio de Janeiro, Objetiva.

KAHNEMAN, D., DEATON, A., 2010, "High Income Improves Evaluation of Life but Not Emotional Well-Being", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 38 (Set.), pp. 16489-16493.

KANT, I., 1993, *Grounding for the Metaphysics of Morals: with On a Supposed Right to Lie because of Philanthropic Concerns*, 3 ed., Indianópolis, Hackett Publishing Company.

_____. 2008, *A Paz Perpétua*, 1 ed., São Paulo, L&PM.

KATES, R., et al., 2001, "Environment and Development: Sustainability Science", *Science*, v. 292, n. 5517 (Abr), pp. 641-642

KAUFFMAN, S., 2002, *Investigations*, 1 ed., Oxford, Oxford University Press.

KIRKPATRICK, L.A., SEYMOUR, E., 1992, "Cognitive-experiential self-theory and subjective probability: Further evidence for two conceptual systems", *Journal of Personality and Social Psychology*, v.63, n.4 (Out), pp. 534-544.

KNOPLOCK, G.M., 2014, 8 ed., Rio de Janeiro, Elsevier.

KUHN, T., 1997, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, 9 ed., São Paulo, Perspectiva.

KURAN, T., SUNTEIN, C.R., 1999, "Availability Cascades and Risk Regulation", *Stanford Law Review*, v. 51, n. 4 (Abr), pp. 683-768.

LANGTON, C., 1990, "Computation at the Edge of Chaos: Phase Transitions and Emergent Computation", *Physica D*, v. 42, n. 1-3 (Jun), pp. 12-37.

LARRICK, R.P., SOLL, J.B., 2008, "The MPG Illusion", *American Association for the Advancement of Science*, v. 320, n. 5883(Jun), pp. 1593-1594.

LATOUR, B., 1993, *We Have Never Been Modern*. 1 ed., Cambridge, Harvard University Press.

_____. 1994, "On Technical Mediation", *Common Knowledge*, v. 3, n. 2 (Mai), pp. 29-64.

_____. 2002. "Morality and Technology: The End of the Means." *Theory, Culture and Society*, v. 19, n.5- 6, pp. 247- 60.

LEVITT, S.D., DUBNER, S.J., 2009, *Super Freakonomics*, 1 ed., New York, HarperLuxe.

LEWIS, T., 2013, *A Life Cycle Assessment of the Passenger Air Transport System Using Three Flight Scenarios*. M.Sc. thesis. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Noruega.

LINDBLOM, C.E., 1959, "The Science of "Muddling Through", *Public Administration Review*, v. 18, n.

2 (Mar), pp. 79-88.

LORENZ, E.N., 1963, "Deterministic Nonperiodic Flow", *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 20 (Mar), pp. 130-141.

MACINTYRE, A., 2007, *After Virtue: A Study in Moral Theory*, 3 ed., Ohio, University of Notre Dame Press.

MAINE, H.S., 1963, *Ancient Law: Its Connection with the Early History of Society and Its Relation to Modern Ideas*, 10 ed., Boston, Beacon Press.

Management Science, v. 2, n. 1 (Mar), pp. 3-21.

MARCH, J.G., OLSEN, J.P., 2008, "The Logic of Appropriateness". In: Goodin, R.E., Moran, M., Rein, M. (orgs.), *The Oxford Handbook of Public Policy*, 1 ed., Oxford.

MAY, P.H. (org.), 2010, *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. 2 ed. São Paulo, Elsevier.

MAYFIELD, J.E., 2013, *The Engine of Complexity: Evolution as Computation*, 1 ed., New York, Columbia University Press.

MEADOWS, D., 2008, *Thinking in Systems: A Primer*, 1 ed., Vermont, Chelsea Green.

MEADOWS, D., RANDERS, J., MEADOWS, D., 2006, *Limits to Growth: The 30Year Update*. 2 ed. London, Earthscan.

MEYERS, D., 2014, *Intuition: Its Powers and Perils*, 1 ed., New Haven, Yale University Press.

MILLER, G.A., 1955, "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information", *Psychological Review*, v. 101, n. 2 (Mai), pp. 343-352.

MILLER, J.H., PAGE, S.E., 2007, *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*, 1 ed., Princeton, Princeton University Press.

MINOGUE, K., 2000, *Politics: A Very Short Introduction*, 1 ed., New York, Oxford University Press.

MOKYR, J., 2003, *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy*, 2 ed., Princeton, Princeton University Press.

MOORE, G.E., 1998, *Principia Ethica*, 1 ed., São Paulo, Ícone Editora.

MORRIS, I., 2010, *Why the West Rule – for Now*, 2 ed., New York, Picador.

MOTTA, S., 2013, *Direito Constitucional*, 1 ed., Rio de Janeiro, Elsevier.

MYRDAL, G., 1978, "Institutional Economics", *Journal of Economic Issues*, v. 12, n. 4 (Dez), pp. 771-783

OECD, 2007, *Business and the Environment: Policy Incentives and Corporate Responses*, Paris, OECD.

OGBURN, W.F., THOMAS, D., 1922, "Are Inventions Inevitable? A Note on Social Evolution", *Political Science Quarterly*, v. 37, n. 1 (Mar), pp. 83-98.

OLDENBURG, R., 2002, *Celebrating the Third Place: Inspiring Stories About the "Great Good Places" at the Heart of Our Communities*, 1 ed., Boston, Da Capo Press.

- OSTROM, E., 1998, "A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action: Presidential", *American Political Science Association*, v. 92, n. 1 (Mar), pp. 1-22.
- _____. 2007, *Institutional Rational Choice: An Assessment of the Institutional Analysis and Development Framework*, 2 ed., Colorado, Westview Press.
- OSTROM, E., GARDNER, R., WALKER, J., 1994, *Rules, Games, and Common-Pool Resources*, 1ed., Michigan, The University of Michigan Press.
- OSTROM, E., WALKER, J., GARDNER, R., 1992, "Covenants With and Without a Sword: Self-Governance is Possible", *American Political Science Review*, v. 86, n. 2 (Jun), pp.404-417.
- PARFIT, D., 1986, *Reasons and Persons*, 1 ed., Oxford, Oxford University Press.
- PIELKE, R.A., 2004, "What Future for the Policy Sciences?", *Policy Sciences*, v. 37, n. 3/4 (Dez), pp. 209-225.
- PLANCK, M., 2012, *Autobiografia Científica e Outros Ensaíos*, 1 ed., Rio de Janeiro, Contraponto.
- POPPER, K., 1959, *The Logic of Scientific Discovery*, London, 1 ed., Hutchinson & Co.
- RAWLS, J., 2011, *O Liberalismo Político*, 1 ed., São Paulo, Martins Fontes.
- _____. 2016, *A Theory of Justice*, 2 ed., Cambridge, Belknap Press.
- RIDLEY, M., 1998, *The Origins of Virtue: Human Instincts and the Evolution of Cooperation*, 1 ed., New York, Penguin Books.
- ROBINSON, L.A., HAMMITT, J.K., 2011, "Behavioral Economics and the Conduct of Benefit-Cost Analysis: Towards Principles andStandards", *Journal of Benefit-Cost Analysis*, v. 2, n. 2 (Abr), pp. 1-51.
- ROGERS, E.M., 2003, *Diffusion of Innovations*, 5 ed., New York, Free Press.
- ROUSSEAU, J.J., 2008, *Discurso Sobre a Origem e os Fundamentos da Desigualdade Entre os Homens*, 1 ed., São Paulo, L&PM.
- RUSSELL, S., NORVIG, P., 2013, *Inteligência Artificial*, 1 ed., São Paulo, Elsevier.
- RUTLEDGE, I.C., 1955, "Regulating Business by Independent Commission, by Marver H. Bernstein," *Indiana Law Journal*, v. 31, n. 1, artigo 10.
- SABATIER, P., WEIBLE, C.M., 2007, 2 ed., *Theories of the Policy Process*, New York, Westview Press.
- SANDEL, M.J., 2010, *Justice:What's the Right Thing to Do?*, 2 ed., New York, Farrar Straus Giroux.
- SCHNEIDER, A.L., INGRAM, H., 1997, *Policy Design for Democracy*, 1 ed., Kansas, University Press of Kansas.
- SCHNEIDER, M., BUCKLEY, J., 2002, "What Do Parents Want from Schools? Evidence from the Internet", *Educational Evaluation and Policy Analysis*, v. 24, n. 2 (Jan), pp. 133-144.
- SCHÜLL, N.D., 2014, *Addiction by Design: Machine Gambling in Las Vegas*, 1 ed., Princeton, Princeton University Press.
- SCHUMPETER, J.A., 1961, *Capitalismo, Socialismo e Democracia*, 1 ed., Rio de Janeiro, Editora Fundo de Cultura.

- SHIAU, C.N., et al., 2010, “Optimal Plug-In Hybrid Electric Design and Allocation for Minimum Life Cycle Cost, Petroleum Consumption and Greenhouse Gases Emissions”, *Journal of Mechanical Design*, v. 132 (Set).
- SILVEIRA, J. A., et al., 2011, “A Aviação Civil Brasileira no Debate Sobre a Mudança do Clima”. *Journal of Transport Literature*, v.5, n.3, pp. 241-255.
- SILVER, N., 2013, *O Sinal e o Ruído*, 1 ed., Rio de Janeiro, Intrínseca.
- SIMON, H.A., 1997, *Administrative Behavior*, 4 ed., New York, Free Press.
- SLOVIC, P., 2000, *The Perception of Risk (Risk, Society and Policy)*, 1 ed., Londres, Earthscan.
- SMITH, A., 2012, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Facsimile of 1904 ed., Chicago, University of Chicago Press.
- SMITH, K.B., LARIMER, C.W., 2013, *The Public Policy Theory Primer*, 2 ed., Colorado, Westview Press.
- SPEIER, C., VALACICH, J.S., VESSEY, I., 1999, “The Influence of Task Interruption on Individual Decision Making: An Information Overload Perspective”, *Decision Sciences*, v. 30, n. 2 (Mar), pp. 337-356.
- SPETH, J.G., HAAS, P.M., 2006, *Global Environmental Governance*. 1 ed. Washington, Island Press.
- STAVINS, R.N., 2003, *Market-Based Environmental Policies: What Can We Learn From U.S. Experience (and Related Research)?*, 1 ed., Washington, Resources for the Future.
- STIGLER, G.J., 1971, “The Theory of Economic Regulation”, *The Bell Journal of Economics and*
- STONE, D., 1997, *Policy Paradox: The Art of Political Decision Making*, 2 ed., New York, W W Norton & Co Inc.
- STONE, D., 2001, *Policy Paradox: The Art of Political Decision Making*, 3 ed., New York, W. W. Norton & Company.
- TETLOCK, P., GARDNER, D., 2015, *Superprevisões: a Arte e a Ciência de Antecipar o Futuro*, 1 ed., Rio de Janeiro, Objetiva.
- THALER, R.H., SUNSTEIN, C.R., 2009, *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*, 2 ed., New York, Penguin Books.
- TOCQUEVILLE, A., 2014, *A Democracia na América*, 3 ed., São Paulo, Martins Fontes.
- TOFFLER, A., 1984, *Future Shock*, 2 ed., New York, Bantam.
- TULVING, E., CRAIK, F.I.M., 2000, *The Oxford Handbook of Memory*, 1 ed., Oxford, Oxford University Press.
- TYLER, T.R., 1990, *Why People Obey the Law*, 1 ed., Michigan, Yale University Press.
- US DEPARTMENT OF ENERGY, 2016. *National Algal Biofuels Technology Review*, Bioenergy Technologies Office.
- VASIGH, B., FLEMING, K., TACKER, T., 2008, *Introduction to Air Transport Economics*, 1 ed., Abingdon, Ashgate.

- VERBEEK, P.P., 2005. *What Things Do: Philosophical Reflections on Technology, Agency, and Design*. 1 ed., University Park, Pennsylvania State University Press.
- _____. 2011, *Moralizing Technology: Understanding and Designing the Morality of Things*, 1 ed., Chicago, The University of Chicago Press.
- VIOTTI, E.B., 2001, "Ciência e Tecnologia Para o Desenvolvimento Sustentável Brasileiro". In: Burstyn, M. (org.), *Ciência, Ética e Sustentabilidade*, 2 ed., Capítulo 6, São Paulo, UNESCO.
- WALKER, K.F., 1942, "The Nature and Explanation of Behavior", *Psychological Review*, v. 49, n. 6 (Nov), pp. 569-585.
- WEBER, M., 2003, *Ensaio Sobre A Teoria Das Ciências Sociais*, 2 ed., São Paulo, Centauro.
- WEBER, R.J., PERKINS, D.N., 1992, *Inventive Minds: Creativity in Technology*, 1 ed., Oxford, Oxford University Press.
- WEINBERG, G.M., 1975, *An Introduction to General Systems Thinking*, New York, Wiley.
- WESTEN, D., 2008, *The Political Brain*, 2 ed., New York, PublicAffairs.
- WIENER, N., 1965, *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2 ed., Cambridge, The MIT Press.
- WILSON, J.Q., 1997, "The Moral Sense", 2 ed., New York, Free Press.
- WINNER, L., 1980, "Do Artifacts Have Politics?", *Daedalus*, n. 109, v. 1, pp. 121-36.
- WOLFRAM, S., 2002, *A New Kind of Science*, 1 ed., Champaign, Wolfram Media.
- YAMAGISHI, K., 1997, "When a 12.86% Mortality is More Dangerous than 24.14%: Implications for Risk Communication", *Applied Cognitive Psychology*, v. 11, n. 6 (Dez), pp. 495-506.