

Marcelo Veloso Maciel

**Emergência de Distribuições de Preferências no
caso Unidimensional: Uma abordagem
computacional**

Brasil

2017

Marcelo Veloso Maciel

Emergência de Distribuições de Preferências no caso Unidimensional: Uma abordagem computacional

Informações sobre a qualificação

Universidade de São Paulo - USP

Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH

Mestrado em Modelagem de Sistemas Complexos

Orientador: André Cavalcanti Rocha Martins

Brasil

2017

Lista de ilustrações

Figura 1 – Relação entre Modelos e Sistemas Alvo.	8
Figura 2 – Funções de Utilidade comuns em Política	12
Figura 3 – Evidência de estabilidade ideológica	15
Figura 4 – Evidência de distribuição ideológica com múltiplos picos	16
Figura 5 – Evolução do modelo de Ising em duas dimensões numa grade (rede quadrada) 512 x 512	20
Figura 6 – Evolução do Modelo “Voter” em duas dimensões numa grade (rede quadrada) 512 x 512	21
Figura 7 – Evolução temporal do modelo CODA numa grade 50 x 50 com interação entre pares ij (voter)	23

Lista de abreviaturas e siglas

ABM	<i>Agent-based model(s) or modeling</i>
OD	<i>Opinion Dynamics</i>

Sumário

	Introdução	5
1	TEORIA POLÍTICA FORMAL E DISTRIBUIÇÃO DE PREFERÊNCIAS	7
1.1	Fundamentos da Teoria Política Formal	7
1.2	Teoria Política Espacial	11
1.3	Teoria Espacial e Eleições	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: DINÂMICAS DE OPINIÃO	18
2.1	Introdução	18
2.2	Definição da Área	18
2.3	Modelagem Baseada em Agentes e Dinâmicas de Opinião	19
2.4	Modelos Canônicos	20
2.4.1	Modelos Discretos	20
2.4.2	Modelos Contínuos	22
2.4.3	Modelos Mistos	22
3	PROPOSTA DE MODELO	25
	Considerações Finais	27
	REFERÊNCIAS	29

Introdução

Uma característica chave da Democracia é a responsividade do governo às preferências, crenças e atitudes dos cidadãos (DAHL, 1973; BARTELS, 2003). Nas democracias modernas (Poliarquias) isso ocorre por meio de vários mecanismos de conexão entre os cidadãos e seus representantes (DAHL, 1989; SCHUMPETER, 2013).

As Poliarquias estão, desta forma, fundamentadas no nexo entre Opinião Pública e Governo Representativo. A natureza e origem da Opinião Pública é então central para a compreensão dos nossos sistemas políticos (BERELSON, 1952).

Como canonicamente argumentado por Downs (1999) a distribuição da Opinião Pública é de alta relevância para a compreensão do nexo democrático. Seguindo Downs, o pressuposto central do trabalho é que não só a Opinião Pública importa, mas, mais especificamente, o seu formato também. Temos, portanto, por propósito contribuir para a compreensão da emergência da Opinião Pública.

Todas as interações sociais são ao menos em parte condicionadas pelas crenças e opiniões dos agentes. Embora seja plausível que haja um fundamento genético-evolucionário para nossas crenças e orientações (FOWLER; SCHREIBER, 2008; FOWLER; DAWES, 2013), é mais provável que o principal determinante da variação em nossas crenças sejam mecanismos relacionados a sistemas de herança e aprendizado sociais (JABLONKA; LAMB, 2014).

Um indivíduo ao tomar uma decisão não baseia-se unicamente na informação e crença averiguadas individualmente, mas também considera as crenças de outros agentes conectados a ele socialmente e informacionalmente (GINTIS, 2016). Em política isso significa que as crenças dos agentes são uma combinação de sua crença “idiossincrática” e da combinação de mensagens/sinais que recebem dos seus pares e da mídia (BARABAS, 2004; RYAN, 2011).

A “cognição em rede” (GINTIS, 2016) dos agentes e essas duas fontes de informação, pares e mídia ¹, fornecem assim os dois mecanismos mínimos para micro-fundamentar abordagens generativas para a Opinião Pública. Por abordagem generativa entendemos trabalhos guiados pela seguinte pergunta: “Como pode a interação local entre agentes autônomos heterogêneos gerar a seguinte regularidade?” (EPSTEIN, 2006).

O trabalho, desta forma, tem por **objetivo geral** explorar, por meio de um modelo baseado em agentes de influência social, a geração de distribuições de preferências ²

¹ O trabalho trata unicamente dos pares como fonte de informação. Modelar a influência da mídia é tema para trabalhos futuros.

² A diferença entre crenças e preferências vai ser discutida no Capítulo 1.

análogas a distribuições empíricas.

Esse objetivo geral suscita os seguintes **objetivos específicos**:

- Análise descritiva dos dados de auto-posicionamento ideológico de respondentes a um *survey*;³
- Simular a emergência de uma distribuição de pontos ideais por meio de um modelo baseado em agentes;
- Calibrar e validar o modelo segundo o banco de dados.

Além desta Introdução, o trabalho é estruturado da seguinte forma: No Capítulo 1 caracterizamos e justificamos o problema do trabalho. Para tal fazemos uma apresentação do modelo do ator racional e sua aplicação para modelar opinião pública; No Capítulo 2 fazemos uma revisão de literatura dos modelos canônicos da área de dinâmicas de opinião e fazemos uma discussão sobre nossa abordagem; No Capítulo 3 apresentamos o modelo , cronograma e dúvidas. Por fim nas Considerações Finais apresentamos limitações do trabalho.

³ O *survey* utilizado no trabalho é *European Social Survey*. (<<http://www.europeansocialsurvey.org/>>)

1 Teoria Política Formal e Distribuição de Preferências

Como discutido na introdução, o nexos entre cidadãos e governo é a base dos sistemas democráticos. Dada a importância desse nexos não é surpresa que na Ciência Política exista uma grande gama de trabalhos e abordagens que buscam descrever, explicar e prevê-lo. A caracterização e justificativa para nosso problema de pesquisa parte de um diálogo com a Teoria Política Formal, a ser definida e discutida em seguida.

1.1 Fundamentos da Teoria Política Formal

Vamos definir Teoria Política Formal como: conjunto de modelos e hipóteses teóricas explicitamente definidos que buscam representar atividades e comportamentos relacionados à ação e escolha coletiva.

Com essa definição estamos conjugando três definições: a de Teoria, a de Política e a de Formal. O conceito de política, e em certa medida o de teoria, pode ser considerado como “essencialmente contestado”, isto é, é um conceito cuja grande importância normativa faz com que haja uma disputa em relação à sua definição e uso (COLLIER; HIDALGO; MACIUCEANU, 2006). Há assim um grande debate sobre a melhor definição de política. Vamos usar a definição dada por Joe Oppenheimer, para o qual a “política consiste no comportamento realizado com o objetivo de tomar decisões centralizadas para um grupo, ou para assegurar o interesse de membros desse grupo” (OPPENHEIMER, 2012, p. I)¹.

Quanto a definição de teorias estamos seguindo perspectivas pós-positivistas de ciência, particularmente a Visão Semântico-Pragmática de Clarke e Primo (2012) em que teorias são conjuntos de modelos, pensados como representações de sistemas concretos, e hipóteses teóricas - a delimitação da similaridade dos modelos com determinados sistemas alvo².

Por fim, entendemos que os modelos são formais na medida em que construídos por meio de algum sistema formal (WONG, 2015). Em Teoria Política Formal isso significa que tendem a ser construídos usando o intermédio da lógica formal, matemática ou computação (MORTON, 1999). Nosso foco na literatura em teoria política formal é justificado pelo fato dela ser um corpo teórico construído por meio de modelos *explícitos* (EPSTEIN, 2008), de forma que a seguinte relação fique clara:

¹ Essa definição é equivalente a dada por Barber (2003). Para uma discussão mais aprofundada sobre o tema ver: Warren (1999).

² Para uma discussão sobre as diferentes visões sobre o que são teorias e modelos ver Winther (2016).

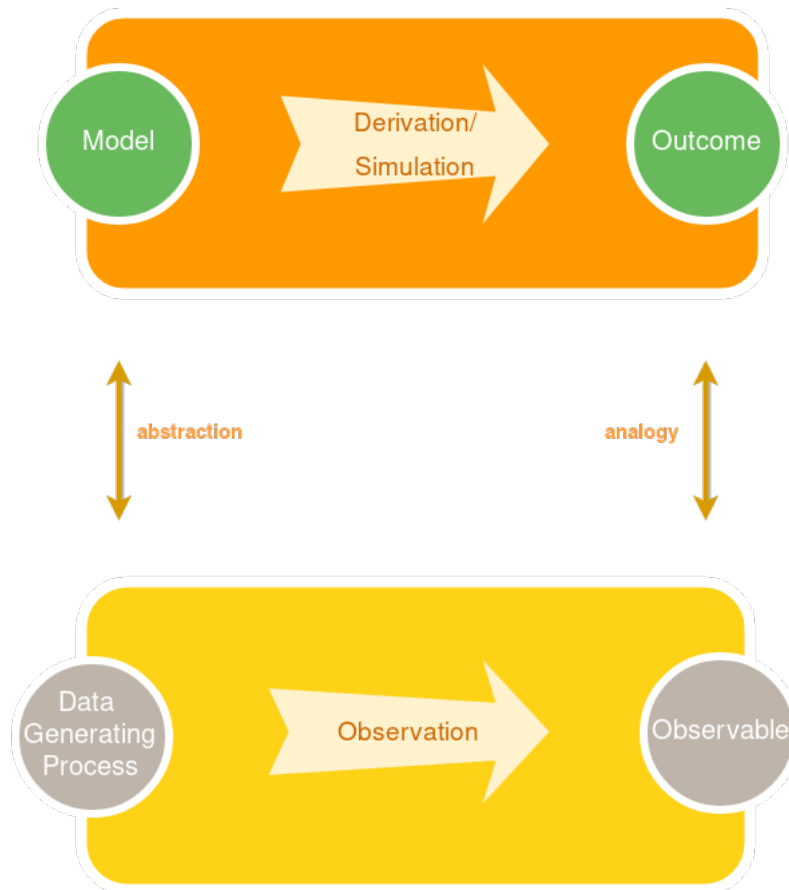


Figura 1 – Relação entre Modelos e Sistemas Alvo.

Fonte: Adaptado de [Downey \(2012\)](#)

O estudo formal da ação e escolha coletiva teve como período de fundação moderno o período entre [Black \(1948\)](#) (marco no estudo da escolha coletiva) e [Olson \(1965\)](#) (marco para os estudos da ação coletiva), embora *insights* típicos da literatura, como paradoxos da agregação ou o problema do caroneiro, tenham sido discutidos anteriormente por pensadores como Plínio, o Jovem (64-114 d.C.); Ramon Lull (1232-1315); David Hume; e John Stuart Mill ([MCLEAN, 2015](#); [HARDIN, 2013](#); [ORDESHOOK, 1990](#)).

Embora não seja a única forma de se modelar formalmente fenômenos políticos, modelos de escolha racional são em larga medida os mais comuns ([AUSTEN-SMITH; BANKS, 1998](#)). De uma forma geral, os modelos da Teoria da Escolha Racional, em política, buscam representar fenômenos segundo alguma variante da seguinte equação, a Equação de Plott ([MUNGER, 2015](#); [OSTROM, 1986](#))³:

$$\text{Preferences} \oplus \text{Beliefs} \oplus \text{Physical Possibilities} \oplus \text{Institutions} = \text{Outcomes}$$

³ Essa “equação” é conceitual. \oplus é usado como um operador abstrato não especificado ([OSTROM, 1986](#)).

Esses modelos podem ser dividido em duas variantes: *thin* ou *thick* (HECHTER; KANAZAWA, 1997; GREEN; SHAPIRO, 1996). Ambos os tipos de modelos são construídos com base nos pressupostos mínimos de um modelo de ator racional: preferências racionais e racionalidade bayesiana (GINTIS, 2016). A diferença entre eles é que os modelos *thin* não fazem pressupostos substantivos sobre os valores e objetivos dos agentes. Neles os teóricos buscam modelar a combinação entre agentes e instituições da maneira mais geral possível. Já modelos *thick* adicionam um conjunto de pressupostos extras sobre objetivos, valores, incerteza, com o objetivo de representar fenômenos particulares como o comparecimento às urnas, a competição partidária, a escolha de candidatos pelo eleitorado, independência burocrática, o efeito fiscal de constituições, dentre outros (BENDOR et al., 2011).

Todo modelo formal da escolha racional em política envolve os seguintes elementos primitivos: o conjunto N de agentes, o conjunto X de alternativas possíveis, e para cada agente em N uma descrição de suas preferências em relação às alternativas em X (AUSTEN-SMITH; BANKS, 1998, p. 263).

A preferência é uma relação de comparação de valor, onde dois conceitos são fundamentais: o de melhor (preferência estrita), denotado por \succ , e o de igual em valor (indiferença), denotado por \sim . As seguintes propriedades definem a noção lógica de relação de preferência (HANSSON; GRÜNE-YANOFF, 2012):

1. *Assimetria da preferência*: $x \succ y \rightarrow \neg(y \succ x)$;
2. *Simetria de indiferença*: $x \sim y \rightarrow y \sim x$;
3. *Reflexividade da indiferença*: $x \sim x$;
4. *Incompatibilidade entre preferência e indiferença*: $x \succ y \rightarrow \neg(x \sim y)$.

A relação de preferência fraca \succeq pode ser definida da seguinte forma:

$$x \succeq y \leftrightarrow x \succ y \vee x \sim y$$

A aplicação dessa definição de preferência no modelo do ator racional pressupõe que ela seja uma relação binária no conjunto de alternativas X , com as seguintes propriedades, para todo $x, y, z \in X$, e para todo conjunto $Z \subset X$ (GINTIS, 2016; BINMORE, 2008):

1. *Completude*: $\{x \succeq y | X\}$ ou $\{y \succeq x | X\}$;
2. *Transitividade*: $\{x \succeq y | X\}$ e $\{y \succeq z | X\}$ tem por implicação $\{x \succeq z | X\}$;
3. *Independência das alternativas irrelevantes*: para $x, y, z \in Z$, $\{x \succeq y | Z\}$ se e somente se $\{x \succeq y | X\}$.

Um pressuposto adicional é que existe um $x \in X$ tal que para todo $y \in X$, $x \succeq y$, e que num ambiente sem restrição os atores escolhem essa alternativa (GINTIS, 2009). Esses pressupostos constituem o primeiro princípio do modelo do ator racional: os agentes possuem *preferências consistentes ou racionais*.

Uma conveniência analítica é representar relações de preferência por meio de funções de utilidade, que são funções que atribuem um número real para cada elemento do conjunto de alternativas (HANSSON; GRÜNE-YANOFF, 2012). A relação \succeq é representada pela função $u: X \rightarrow \mathbb{R}$ se e somente se:

$$u(x) \geq u(y) \text{ se e somente se } x \succeq y$$

Por meio dessa representação podemos dizer que os atores agem *como se* estivessem maximizando sua função de utilidade tendo em vista o fato da alternativa preferida, ou ótima, para um ator $i \in N$ ser dada por (BINMORE, 2008):

$$\max_{x \in X} u_i(x)$$

Importante notar que funções de utilidade são um dispositivo matemático. Modelar agentes por meio de funções de utilidade não implica que eles sejam egoístas, instrumentais, utilitários, hedonistas, ou que estejam “tentando maximizar sua utilidade” (GAUS, 2007).

O segundo princípio dos modelos de ator racional é a *racionalidade bayesiana* (GINTIS, 2016). Quando as alternativas são probabilísticas primeiro pressupomos que os agentes têm um *modelo do mundo* (ACEMOGLU; OZDAGLAR, 2011): os agentes vão ter uma crença, representada por meio de uma função de distribuição de probabilidade, a qual vai atribuir uma probabilidade p para cada evento em X . O modelo da escolha racional então pressupõe que as crenças dos agentes são coerentes ou consistentes, o que equivale a dizer que estão em conformidade com os axiomas da probabilidade (JACKMAN, 2009).

O outro elemento do princípio da racionalidade bayesiana é a *atualização bayesiana* (GINTIS, 2016, p.104): os agentes atualizam suas crenças segundo a Regra de Bayes. Suponha que um agente quer atualizar sua crença sobre uma alternativa $x \in X$, tendo em vista a observação de um dado m . Se ele atualizar sua crença segundo o pressuposto de atualização bayesiana temos que:

$$p(x|m) = \frac{p(m|x)p(x)}{\int p(m|x)p(x)dx}$$

Um corolário de agentes que têm preferências e crenças consistentes, é que vão agir segundo o *princípio da utilidade esperada* (BRIGGS, 2017). Para tal pressupõe-se que

agentes vão ter uma relação de preferência sobre *apostas* (JEHLE, 2001), onde o conjunto de apostas \mathcal{G} em $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ é dado por:

$$\mathcal{G} \equiv \left\{ (p_1 \circ x_1, \dots, p_n \circ x_n) \mid p_i \geq 0, \sum_{i=1}^n p_i = 1 \right\}$$

Sendo assim, quando as alternativas são probabilísticas a utilidade $u : \mathcal{G} \rightarrow \mathbb{R}$ do agente é (JEHLE, 2001; BRIGGS, 2017):

$$u(\mathcal{G}) = \sum_{i=1}^n p_i u(x_i)$$

Sumarizando, os modelos de escolha racional na sua versão mais básica pressupõem agentes com preferências consistentes, o que implica que sejam transitivas, completas e independente de alternativas irrelevantes. Caso o contexto de decisão seja incerto também pressupõem que os agentes tem uma crença em conformidade com os axiomas da probabilidade, suas preferências podem ser representadas por meio de funções de utilidade esperada e atualizam suas crenças de acordo com o Teorema de Bayes.

1.2 Teoria Política Espacial

Dentre as várias formas de modelar política por meio do modelo do ator racional a principal é o conjunto de modelos conhecido como Teoria Espacial (ou Geométrica⁴) de Política (HOUWELING; SNIDERMAN, 2005).

A Teoria Espacial de Política tem suas origens nos trabalhos canônicos de Duncan Black e Anthony Downs, e as bases matemáticas da teoria foram desenvolvidas por Otto Davis, Melvin Hinich e Peter Ordeshook (BLACK et al., 1958; DOWNS, 1957; POOLE, 2005; MILLER, 2015). Ela está fundamentada na idéia essencial que as alternativas, posicionamento e preferências dos agentes políticos podem ser representadas por meio de espaços geométricos. Ela captura a metáfora e noção da linguagem política diária de que as alternativas políticas tem uma relação de proximidade/distância, tal qual a noção de que partidos, pessoas, ou propostas são de “extrema-esquerda”, “centristas” ou “de direita” (MUNGER, 2015).

Seguindo Humphreys e Laver (2010), podemos dividir os modelos geométricos em dois grupos. Eles podem ser *fracamente* ou *fortemente* espaciais. Os modelos fracamente espaciais só caracterizam as alternativas e as preferências segundo uma analogia geométrica.

⁴ Vamos usar o termo geométrico de maneira intercambiável com espacial, pelo fato do último gerar a confusão com trabalhos relacionados ao papel do espaço geográfico em política (WARD; O’LOUGHLIN, 2002; POOLE, 2005).

Já modelos fortemente espaciais envolvem uma teoria comportamental sobre como as pessoas pensam sobre política (LAYER, 2014).

Nos modelos fracamente espaciais o conjunto de alternativas X é pensado como um espaço, mais comumente como o subconjunto de um espaço Euclidiano de n dimensões (AUSTEN-SMITH; BANKS, 1998). Assumem também que agentes tem preferências, consistentes, sobre esse espaço. Seguindo o primeiro princípio do ator racional, isso significa que a alternativa preferida para cada agente $i \in N$ pode ser pensada como um ponto no espaço. Essa alternativa x_i é o *ponto ideal* do agente. Não assume-se, contudo, que os agentes percebem as utilidades das alternativas em termos das distâncias relativas no espaço subjacente. Os agentes têm funções de utilidade abstratas, não especificadas (HUMPHREYS; LAYER, 2010, p.14).

Modelos fortemente espaciais, por outro lado, pressupõem que os agentes tem uma cognição geométrica. Isso significa que localizam as alternativas no espaço, e ranqueiam as alternativas segundo uma medida de distância d_i . A função de utilidade dos agentes é a composição da função de distância e uma função de perda de forma que $u_i(y) = f_i(d_i(x_i, y))$.

O pressuposto modal é que métrica é Euclidiana: os agentes medem a distância entre dois pontos no espaço de alternativas usando o Teorema de Pitágoras (MUNGER, 2015). Ademais, assume-se funções com um único pico (o ponto ideal do agente) e simétricas. Funções de utilidade comumente usadas na ciência política são a linear, a quadrática e a gaussiana, ilustradas na Figura 2:

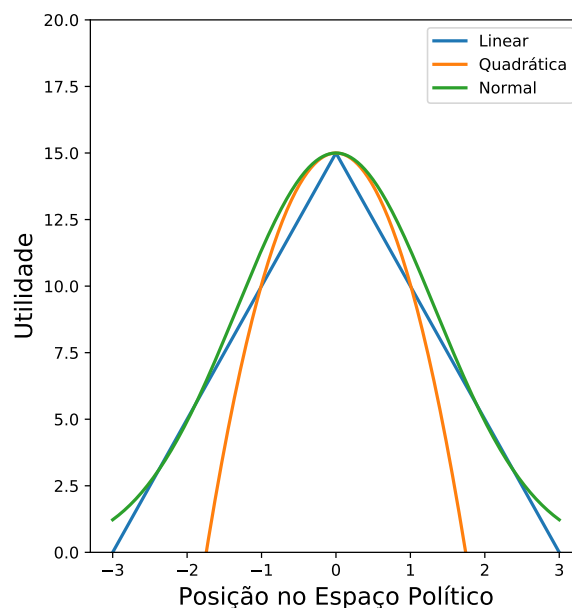


Figura 2 – Funções de Utilidade comuns em Política

Fonte: Adaptado de Armstrong et al. (2014)

Essa estrutura básica do modelo espacial é aplicada em dois tipos de fenômenos: votos em comitê e eleições de massa (MUNGER, 2015). Há, contudo, uma grande diferença entre essas duas situações de ação, e essa diferença motiva nosso problema.

1.3 Teoria Espacial e Eleições

A diferença entre os dois contextos de ação é reconhecida desde as contribuições seminais de Black e Downs. Em votos em comitê o número de agentes é pequeno, os agentes são bem informados e a decisão costuma ter alta implicação para eles. Já em eleições de massa existem muitos eleitores, a informação sobre as alternativas é ambígua e os efeitos da decisão são difusos.

Essa distinção tem por corolário uma maior conformidade do voto em comitês com os *pressupostos de similaridade* entre um modelo de ator racional e uma situação de interesse alvo. A modelagem de sistemas sociais exige uma atenção quanto a plausibilidade da analogia entre modelo e sistema alvo (MARCHI, 2005), tanto no tocante ao contexto de escolha dos agentes quanto ao seu comportamento (PAGE, 2008). Disso segue que o modelo do ator racional, mesmo na sua versão mais *thin*, não é universalmente aplicável. Isto é, não espera-se que em toda situação social os atores ajam de forma racional.

O primeiro pressuposto de similaridade refere-se a propriedades dos agentes alvo: as crenças e preferências deles são independentes (BINMORE, 2008). Os outros três lidam com o contexto de ação alvo: a situação de ação é simples, tanto em estrutura, quanto informacionalmente; os agentes têm incentivo para agir e informar-se; e há tempo disponível para os agentes aprenderem (BINMORE, 2007; PAGE, 2008).

A aplicação do modelo racional ao contexto do comportamento eleitoral é assim não trivial, por uma razão: a escala. Como argumenta Binmore (2008) a aplicação do modelo da decisão racional em “large worlds” é problemática, pois provavelmente estaremos violando algum dos pressupostos de similaridade apresentados.

Desde seu surgimento o programa de pesquisa “Downsiano” reconhece a distância entre a aplicação ideal, do ponto de vista preditivo, e o sistema alvo, eleições. Downs (1999) dedica uma grande porção do livro à incerteza e a problemas de incentivos, e a obra inspirou uma ampla literatura sobre comparecimento às eleições, tomada de decisão do eleitor e competição partidária (BENDOR et al., 2011).

Em relação à tomada de decisão do eleitor há uma tensão entre a literatura em teoria formal e a literatura em psicologia política: a primeira costuma pressupor que agentes têm ideologias bem definidas e são bem informados, ou tem alguma noção probabilística, sobre as alternativas partidárias, algo contestado veementemente pela segunda (BENDOR et al., 2011, p.5). A falta de conhecimento sobre temas/questões e a instabilidade de

resposta a *surveys* é um dos resultados recorrentes na literatura em opinião pública desde sua fundação (BERELSON, 1952; CONVERSE, 2006; ZALLER; FELDMAN, 1992; KUKLINSKI et al., 2000).

A instabilidade nas respostas e a suscetibilidade dos cidadãos a *framing effects*⁵ levam Bartels (2003) a contestar o uso da noção de preferência como base para o estudo do nexa democrático, pois cidadãos não teriam preferências consistentes, coerentes ou estáveis. Ele argumenta, contudo, que os eleitores têm posicionamentos, os quais são melhor teorizados como *attitudes*⁶.

Embora possa-se contestar a validade externa dos questionários que buscam demonstrar a instabilidade de posicionamento dos cidadãos (DRUCKMAN; LEEPER, 2012), e a relevância dos *framing effects* para a aplicação modelo do ator racional (GINTIS, 2016, p. 107), Bartels levanta um ponto incontornável: o pressuposto de preferências racionais não é inócuo, em especial no contexto eleitoral.

O pressuposto de que agentes têm preferências racionais sobre todas questões políticas é exigente do ponto de vista cognitivo. Contudo, não é necessário. Para aplicar o modelo geométrico de política em um contexto macro não é necessário supor que cada questão (*issue*) vá definir uma dimensão no espaço de alternativas. O que é necessário é que os agentes tenham *algum* posicionamento nas questões, e que exista uma interrelação entre a resposta do eleitor entre posicionamentos, de forma que possamos descrever as atitudes dos agentes em todas as questões segundo a correlação com alguma dimensão latente (POOLE, 2005; LAVER, 2014). Poole e Daniels (1985) encontra que 80% dos votos no Congresso americano podem ser explicados por uma única dimensão latente (liberal-conservador). Já Benoit, Laver et al. (2006) encontra que no máximo três dimensões são necessárias para capturar a informação relevante sobre os posicionamentos dos eleitores, em um banco de dados de 47 países.

A preferência dos agentes nessas dimensões é, portanto, construída a partir do posicionamento, atitudes, considerações, opiniões e crenças, deles num agrupamento de questões. Isso significa que as preferências dos eleitores são *extrínsecas*. Preferências intrínsecas são preferências irreduzíveis. Independem de mudanças do ambiente ou de alguma razão em particular. O agente *i* simplesmente prefere *x* a *y*. Já preferências extrínsecas dependem de um julgamento, uma crença, de que uma alternativa, é, em algum sentido, melhor que a outra. Preferências extrínsecas têm razões subjacentes, e, portanto, possivelmente mudam quando ocorrem mudanças no ambiente (LIU, 2010; BINMORE, 2008).

⁵ *Framing effects* são “situações nas quais formas alternativas de apresentar uma questão política levam a diferentes respostas do público” (BARTELS, 2003, p.56).

⁶ Ele define atitude como uma tendência psicológica que é expressa pela avaliação de uma entidade particular com algum grau de aprovação ou desaprovação (BARTELS, 2003, p.52).

Preferências extrínsecas violam o pressuposto de que as preferências e crenças dos agentes são independentes, o que complica a análise da situação de ação por meio do modelo do ator racional, dado que não podemos pressupor que elas são estáveis. Como as preferências no contexto eleitoral necessariamente são construídas a partir de posicionamentos num conjunto de questões, por definição, elas são extrínsecas. Logo, são, potencialmente, sensíveis à mudanças no ambiente. Tendo em vista tanto a complexidade informacional do contexto, quanto os baixos incentivos à busca de informação, isso vai significar que os agentes serão *incertos* quanto às suas preferências. Essa incerteza em relação às preferências, e o baixo custo, percebido, da mudança permitem que modelos de dinâmicas de opinião⁷ possam ser usados para representar seu processo de formação e cristalização.

As preferências dos cidadãos, portanto, não vão ser estáticas. Isso não significa, contudo, que elas necessariamente serão altamente instáveis. Como as preferências são construídas a partir de um conjunto de posicionamentos e crenças em várias questões, é de se esperar que elas sejam mais estáveis do que o posicionamento dos atores em cada questão específica, o objeto dos estudos em opinião pública que têm por objetivo analisar a instabilidade de resposta dos eleitores (DRUCKMAN; LEEPER, 2012). Do ponto de vista macro, é de se esperar, desta forma, que a distribuição de preferências dos eleitores seja consistente. A Figura 3, a qual mostra o auto-posicionamento político, numa escala de 0 a 10 (esquerda-direita), de respondentes⁸ em sete edições do *European Social Survey*, condiz⁹ com essa expectativa:

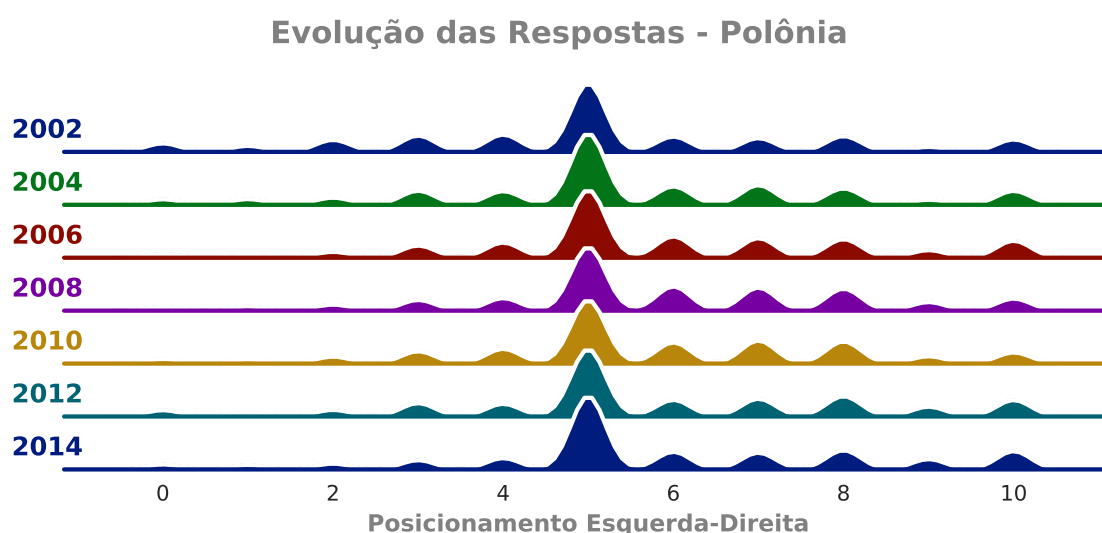


Figura 3 – Evidência de estabilidade ideológica

Fonte: Dados do *European Social Survey*

⁷ Área a ser discutida no Capítulo 2.

⁸ A cada edição uma nova amostra é selecionada.

⁹ Para questões metodológicas em relação a esses dados ver o Apêndice 1.

A escala do fenômeno eleitoral também afeta uma segunda categoria de agentes: os partidos. Os partidos também estão posicionados no espaço de alternativas X e competem pelos votos dos eleitores. Para os partidos X é um espaço de plataformas. Para competirem têm de ser capazes de determinar qual o percentual de votos das posições nesse espaço. A literatura reconhece que talvez os partidos não sejam capazes de fazê-lo, adicionando a possibilidade de que eles sejam incertos quanto as preferências políticas dos eleitores (GLAZER; GROFMAN; OWEN, 1989; GROFMAN, 2004).

Como argumenta Page (2008, p.144) essa é a estratégia *one-theta-fits-all*, que consiste em ignorar a dificuldade da tomada de decisão e a complexidade do ambiente em que os agentes estão situados, e modelá-los como otimizadores sob incerteza. Para a competição espacial com dimensão $n > 1$, demonstra Laver e Sergenti (2011, 14-27), agir de maneira ótima, é, contudo, impossível. Os partidos, desta forma, necessariamente agem segundo heurísticas e se movimentam no *electoral landspace* de forma adaptativa (KOLLMAN; MILLER; PAGE, 1998; MARCHI, 1999). Isso abre a possibilidade, teórica, de que os partidos fiquem presos em picos locais. Do ponto de vista empírico, a Figura 4 dá suporte à essa possibilidade:

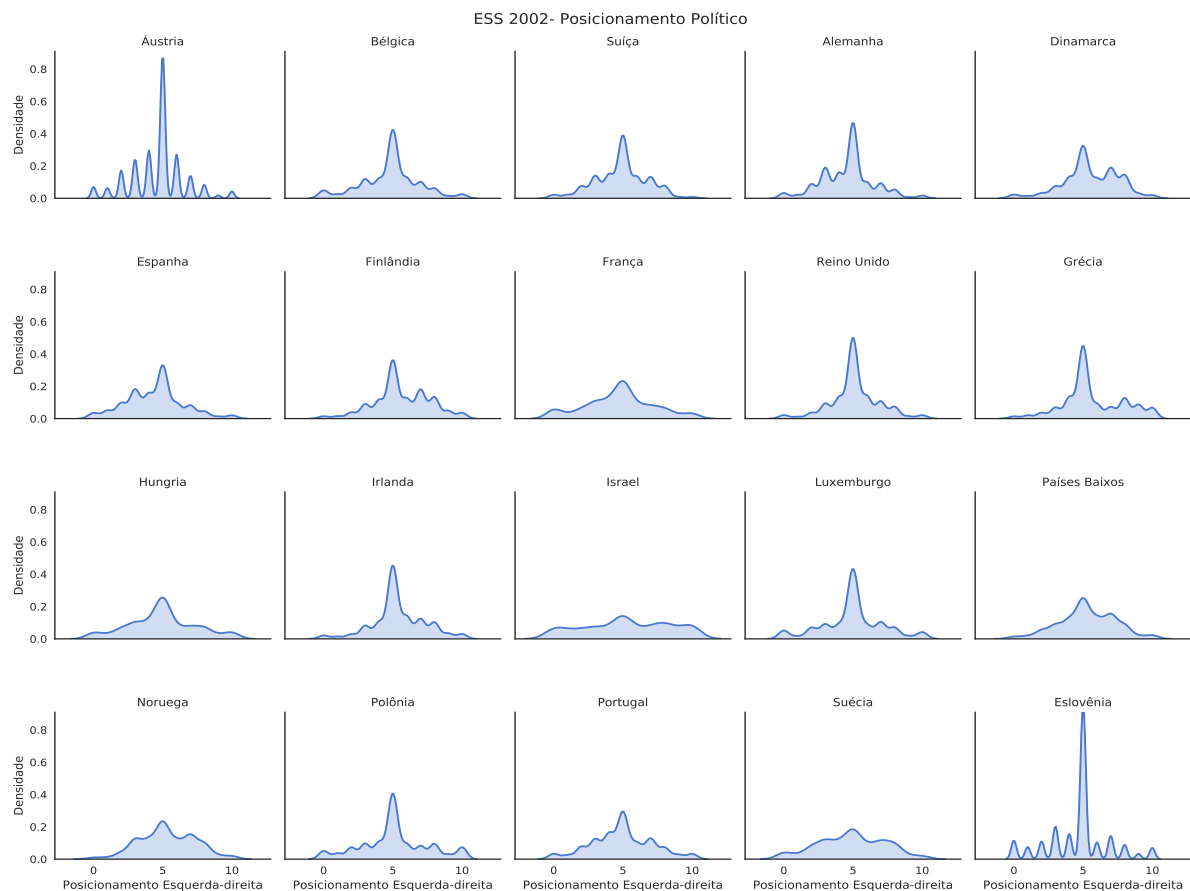


Figura 4 – Evidência de distribuição ideológica com múltiplos picos

Fonte: Dados do *European Social Survey* (primeira edição)

Dado que as eleições são o principal mecanismo de conexão entre cidadãos e governo nas poliarquias (DAHL, 1989) e dado que a sobrevivência dos partidos na competição eleitoral depende da sua capacidade de captar o voto dos eleitores, podemos concluir que o *formato* da distribuição das preferências dos eleitores é central para o estudo do nexó democrático.

Temos, desta forma, duas diretrizes para o estudo. Do ponto de vista micro, podemos modelar os pontos ideais dos agentes segundo um modelo de dinâmicas de opinião. Esse é o nosso ponto de partida. Do ponto de vista macro, aspiramos que nossos modelos consigam gerar distribuições que sejam plausíveis do ponto de vista empírico, dado que o formato delas importa. Esse é o nosso *benchmark*.

OS CAPÍTULOS 2 E 3 SÃO LEGADO DA VERSÃO 1 E VÃO SER MODIFICADOS

2 Revisão Bibliográfica: Dinâmicas de Opinião

2.1 Introdução

Nesse capítulo fazemos uma revisão bibliográfica da área de Dinâmicas de Opinião¹. Definimos a área, o que são modelos baseados em agente e quais os constituintes típicos de um modelo de OD. Depois apresentamos modelos que podem ser considerados canônicos na literatura pelo fato de inspirarem uma gama de modificações e extensões. Os apresentamos no seu formato mais simples para que sirvam de “baseline”. Concluímos o capítulo com uma discussão sobre nossa abordagem.

2.2 Definição da Área

OD é uma área que pode ser definida a partir de 3 elementos: primeiramente, sistemas alvo em comum, delimitados pela pergunta central: quais elementos determinam se um grupo de agentes chega ao consenso sobre algo, ou ao invés disso persistem em discórdia? ([CASTELLANO, 2012](#))²; segundo, um conjunto de modelos que partilham elementos constitutivos, particularmente fazendo uso da técnica da Modelagem Baseada em Agentes³, e em, alguma medida, de *insights* e técnicas da Física Estatística ([GALAM, 1990](#)); terceiro, uma comunidade de pesquisadores que partilham do interesse no objeto, fazem uso de referenciais e técnicas compartilhadas e se reconhecem como membros dessa comunidade.

Na área há a aceitação de um significado amplo e abstrato de opinião como uma característica de um agente que pode ser mudada com pouco custo ([CASTELLANO, 2012](#), p.312). Isso permite com que ela vise sistemas alvos tais como voto, ciência, cultura, difusão de tarifas, dentre outros ([KOWALSKA-PYZALSKA et al., 2013](#); [MARTINS, 2015](#); [AXELROD, 1997](#); [GALAM, 1990](#)). Essa gama de aplicações está relacionada com a base disciplinar dos pesquisadores, envolvendo pessoas de áreas como Física, Sociologia, Ciência Política, Economia, Psicologia Social, dentre outras, o que nos permite considerar a área como um subgrupo da Sociofísica ([GALAM; GEFEN; SHAPIR, 1982](#); [GALAM, 2012](#)).

¹ Doravante OD (*Opinion Dynamics*).

² Essa pode ser pensada como a pergunta *fundacional* da área ([FLACHE et al., 2017](#)).

³ De agora em diante vamos usar a abreviação ABM para modelagem (ou modelo(s)) baseada(os) em agentes.

2.3 Modelagem Baseada em Agentes e Dinâmicas de Opinião

Modelos Baseados em Agentes podem ser definidos como modelos que envolvem agentes discretos, onde agentes, seus atributos, e possivelmente um ambiente são definidos algoritmicamente (SAYAMA, 2015)⁴. Num ABM existem três noções primitivas: os *atributos*, os *estados* e as *configurações* (MARCHI; PAGE, 2014, p.7). Os atributos dos agentes são o conjunto de propriedades que cada agente i tem. Os estados dos agentes são os valores de seus atributos num determinado tempo t . Já as configurações são as coleções de todos os estados dos agentes num modelo.

ABMs é uma técnica flexível: podemos construir modelos “metafóricos” com objetivo de auxiliar o desenvolvimento de intuição segundo a elucidação de princípios; ou de alta-fidelidade, com dezenas de atributos e um ambiente incluindo casas, escolas, sistemas de transporte, dentre outros, com o objetivo avaliar contrafactuais próximos a determinados casos concretos (MARCHI; PAGE, 2014; EPSTEIN, 2006).

Segundo Sayama (2015, p.430-1), ABMs têm as seguintes propriedades típicas:

- agentes podem ter estados internos;
- agentes podem ser espacialmente localizados;
- agentes podem perceber e interagir com o ambiente;
- agentes podem interagir segundo regras pré-definidas;
- agentes podem ser capazes de aprender e adaptar-se;
- agentes podem interagir com outros agentes;
- AMBs muitas vezes não tem supervisores/controladores centrais;
- ABMs podem produzir comportamentos coletivos não triviais.

Tendo em vista essas propriedades, ABMs são particularmente úteis para o estudo de sistemas complexos (WILENSKY; RAND, 2015), dada: sua capacidade de incluir redes e espaço; seu potencial de ligar múltiplos domínios e de incluir uma maior heterogeneidade de agentes; além de seu foco na robustez de resultados (MARCHI; PAGE, 2014; WILENSKY; RAND, 2015). Não por acaso, ABMs são amplamente usados em OD (CASTELLANO, 2012; FLACHE et al., 2017).

Que elementos constituem os modelos de OD ? Podemos delimitar um modelo de dinâmicas de opinião da seguinte forma: agentes,conectados, possuem opiniões como

⁴ ABMs costumam ser implementados como simulações num computador, embora existam modelos baseados em agentes que historicamente não tenham sido diretamente em computadores, como os modelos de Schelling e de Sakoda (HEGSELMANN, 2017).

variáveis e interagem segundo regras que explicam a mudança ou manutenção das opiniões individuais sob efeito da interação com outros agentes ou outras fontes (como a mídia) (SÎRBU et al., 2017). Os agentes num modelo em OD tem então : uma *opinião*; uma *estrutura de interação*; e uma *regra de atualização* de sua opinião.

A opinião dos agentes pode ser representada como uma variável ou conjunto de variáveis, que por sua vez podem ser discretas ou contínuas. Já a estrutura de interação consiste no conjunto de agentes cujas ações e propriedades podem afetar a opinião de um agente i (PAGE, 2008).

Podemos dividir a estrutura de interação numa *topologia* de interação e numa *regra de interação*. A topologia de interação define quais agentes estão conectados com i , e podem, potencialmente, afetá-lo. A regra de interação define como i interage com os agentes desse conjunto (seus “vizinhos”). Em OD as regras de interação definem qual a relação que o agente i tem com seus vizinhos: se interage com um vizinho por vez, uma interação em diáde, ou com algum subconjunto de seus vizinhos, uma interação em grupo. Por fim, a regra de atualização define como o agente *processa a informação*. Isto é, como ele muda de opinião.

2.4 Modelos Canônicos

2.4.1 Modelos Discretos

Modelos baseados no Modelo de Ising são os modelos mais fundamentais na área. Nele os agentes têm como opinião uma variável binária; interagem numa grade, com todos seus vizinhos; e tem por regra de atualização mudar de opinião caso a maioria dos vizinhos forem do tipo oposto - caso haja empate mudam de opinião com probabilidade $\frac{1}{2}$.

discutir melhor o que é o modelo de ising

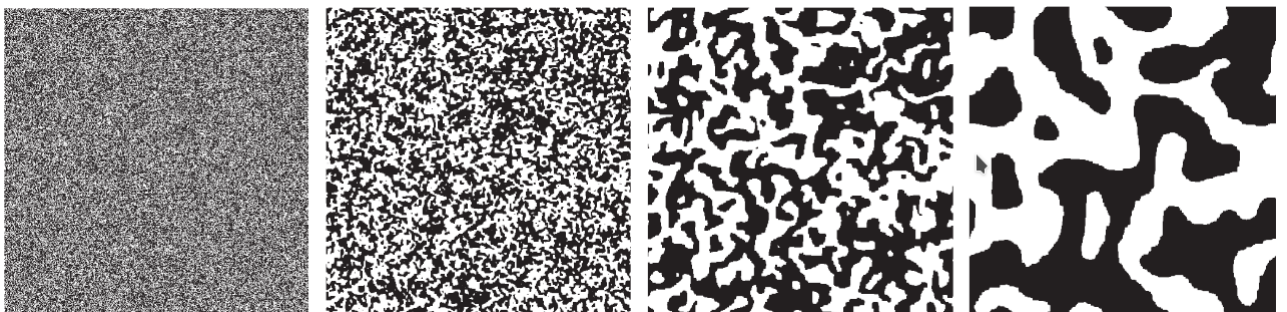


Figura 5 – Evolução do modelo de Ising em duas dimensões numa grade (rede quadrada) 512 x 512

Fonte: [Castellano \(2012\)](#)

Outros modelos discretos importantes são o Modelo “Voter” , o Modelo da Maioria, o Modelo de Sznajd e o Modelo de Cultura de Axelrod.

No Modelo “Voter” cada agente tem uma opinião binária, como o modelo de Ising ; tem por topologia um grafo regular ⁵ ; e a cada passo da simulação um agente é selecionado aleatoriamente e assume a opinião de algum de seus vizinhos (sendo assim a interação é entre pares).

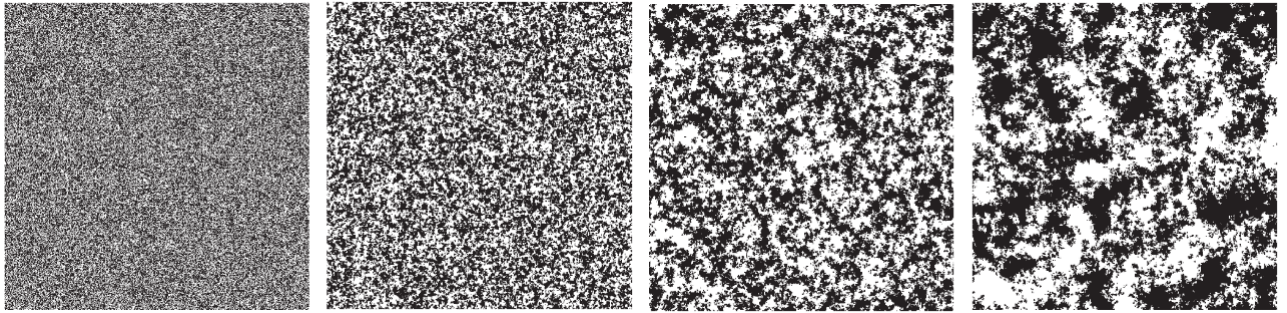


Figura 6 – Evolução do Modelo “Voter” em duas dimensões numa grade (rede quadrada) 512 x 512

Fonte: [Castellano \(2012\)](#)

No Modelo da Maioria os agentes têm opinião binária e interagem com os outros agentes num grafo completo. **ta errado. apresentar de forma independente do grafo como andre falou.** A forma de interação é : a cada “tick” um grupo de tamanho “r” é selecionado aleatoriamente e todos os agentes mudam sua opinião para a opinião da maioria do grupo (a interação é social). O tamanho “r” pode ser fixo ou ser tirado de alguma distribuição a cada passo. Se ele for par podem ocorrer empates nos grupos, o que pode ser solucionado introduzindo um viés para uma opinião, ou por um lançamento de moeda.

No Modelo de Sznajd os agentes também tem opinião binária, mudando a regra de interação. O modelo busca levar em conta que um grupo de indivíduos com a mesma opinião pode influenciar seus vizinhos mais do que um único indivíduo. A cada passo um par de vizinhos é selecionado e se sua opinião convergir os seus vizinhos mudam para opinião de convergência, sendo assim a interação é entre pares ij , mas a atualização é social tendo em vista a interação do par.

Todos os modelos até agora foram unidimensionais. O modelo de Axelrod é um modelo em que a opinião é discreta, mas multidimensional. Como opinião é pensada de forma ampla, o modelo de Axelrod pode ser pensado como um modelo de opinião, embora se proponha a representar cultura. Baseia-se em dois princípios: a preferência dos indivíduos em interagir com pessoas similares (homofilia) e o aumento de similaridade após

⁵ Em um grafo regular todos os agentes têm o mesmo número de conexões ([SAYAMA, 2015](#))

a interação (influência social). Cada agente tem por opinião um conjunto F de variáveis $(\sigma_1, \dots, \sigma_f)$. Esses σ_i podem tomar valores q de 0 a $q - 1$. As variáveis são chamadas de “cultural features” e seus possíveis valores de “traits per feature”. O modelo considera interação entre pares de agentes, como o modelo voter, os quais só interagem se existirem “traits” iguais. Isso significa que a interação só é possível para indivíduos similares e acaba por torná-los mais similares. O sistema tem dois estados finais possíveis: hegemonia de uma cultura ou coexistência de regiões culturais. O que determina a convergência para essas configurações é número q de traits.

2.4.2 Modelos Contínuos

Um dos modelos mais citados em OD é o modelo de [Deffuant et al. \(2000\)](#). Nele a opinião é uma variável contínua que pode tomar valores de -1 a 1, $x_i \in [-1, 1]$. Dois agentes são escolhidos aleatoriamente e interagem se suas opiniões forem próximas o bastante, onde próximo é um parâmetro de “confiança” “ d ”. Se eles interagirem suas opiniões se aproximam de acordo com um parâmetro μ : $x_i = x_i + \mu(x_j - x_i)$. A população converge para um determinado “cluster” dependendo do parâmetro d . O parâmetro μ e o tamanho da população determinam a velocidade de convergência e a largura da distribuição final de opiniões.

Outro modelo importante com agentes que tem uma opinião contínua é o modelo de Hegselmann-Krause. Nesse modelo a regra de interação, e de atualização, difere do modelo de Deffuant por ser social: os agentes interagem com todos os vizinhos compatíveis, dado um parâmetro de confiança, ao mesmo tempo, e toma a média das opiniões dos agentes vizinhos. O sistema converge para uma opinião e é completamente determinado pelo parâmetro de confiança.

2.4.3 Modelos Mistos

Nós temos o CODA([MARTINS, 2008](#))⁶. Uma contribuição do modelo é exatamente em deixar claro o papel da regra de atualização em separado à da interação. Agentes observam opiniões discretas de outros agentes, e mudam sua opinião contínua p_i sobre essa opção a depender dos outros agentes. Esse p_i quantifica a adesão a uma opinião. E é atualizado por meio de atualização bayesiana. O modelo é aplicado para regras de interação tanto voter (x_i versus x_j) quanto ao sznajd, e em ambos ocorre a emergência de “clusters” de extremismo.

⁶ *Continuous opinions and discrete actions.*

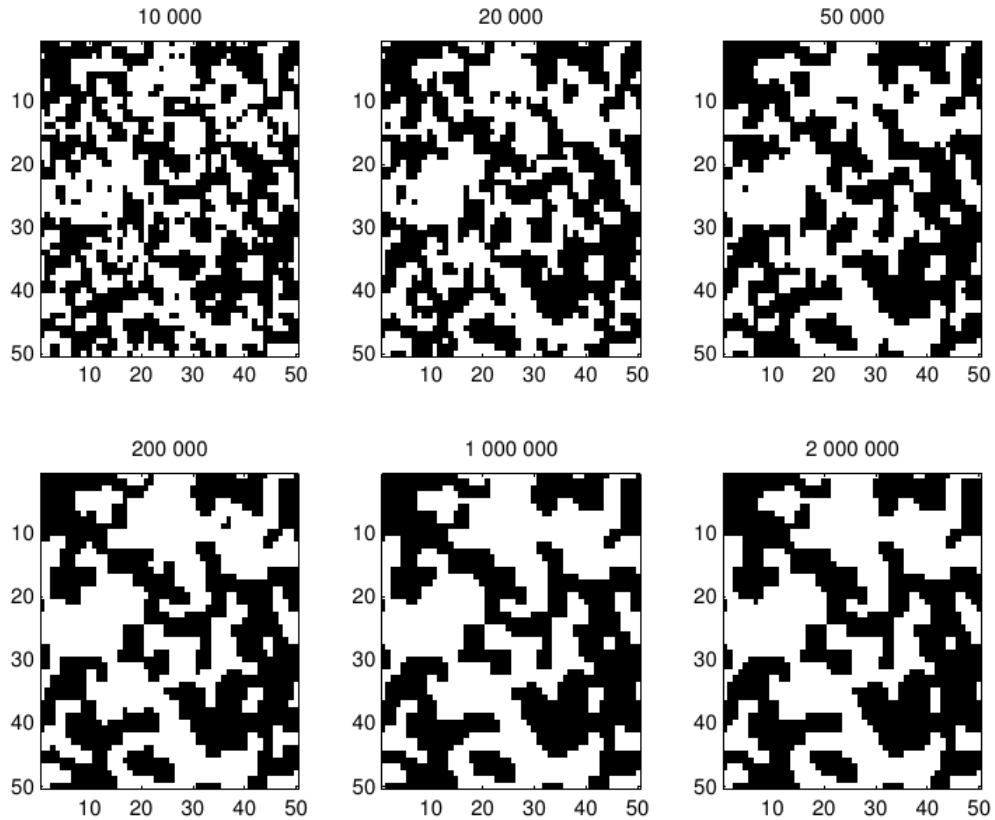


Figura 7 – Evolução temporal do modelo CODA numa grade 50 x 50 com interação entre pares ij (voter)

Fonte: [Martins \(2008\)](#)

Qual a razão intuitiva do CODA? Quando alguém fica face uma escolha binária, ou mais em geral discreta, sua opinião sobre qual a melhor não é necessariamente discreta: a pessoa pode **crer** que uma das alternativas é melhor com probabilidade p . Cada agente observa as escolhas de outros indivíduos, mas não observa a opinião interna deles, que é uma função de probabilidade contínua. Nós podemos pensar que existem dois campos, o campo visível das “ações” e o campo por detrás das opiniões ([MARTINS, 2008](#)).

[Martins et al. \(2012\)](#) oferece o seguinte passo a passo para a construção de um modelo de dinâmicas de opinião no qual a opinião dos agentes é uma função de probabilidade:

1. Identificar uma questão sob debate e chamá-la de x . Uma escolha sobre diferentes ideais ou teorias é uma escolha discreta logo x deve ser discreta. Se o debate for sobre uma variável contínua então x é contínua.
2. cada agente tem uma opinião subjetiva sobre x essa opinião é representada pela distribuição de probabilidade $f_i(x)$.

3. Ocorre comunicação : a comunicação é a declaração de um valor A_j pelo agente j de tal forma que $A_j[f]$ é um funcional de $f_j(x)$.
4. Os agentes tem que ter em sua mente uma relação entre o verdadeiro valor entre x e o valor declarado A_j . Isso é dado pela distribuição de probabilidade $P(A_j|x)$.
5. Dado o prior $f_i(x)$ a opinião posterior $f_i(x|A_j)$ é dada por $A_i[f_i(x|A_j)]$ que é a nova opinião de i .

3 Proposta de Modelo

Tendo em vista a possibilidade de entrelaçamento entre opiniões e preferências, vamos seguir a estratégia de modelagem de [Lorenz \(2017\)](#): usar um modelo de dinâmicas de opinião para derivar os pontos ideais. Nisso vamos fazer uso da ligação entre preferências extrínsecas e crenças/opiniões e fazer um modelo que dinamiza as preferências dos agentes, nos retendo aos seus pontos ideais ¹, a partir da mudança em suas opiniões ².

[Lorenz \(2017\)](#) pode ser, portanto, visto como uma primeira aproximação na criação de modelos em que os pontos ideais dos eleitores não são fixos. O modelo baseia-se no modelo de [Deffuant et al. \(2000\)](#), o qual é um modelo canônico na área de Sociofísica ([GALAM; GEFEN; SHAPIR, 1982](#)). O modelo tornou-se canônico ao, de maneira simples, incorporar à modelagem de dinâmicas de opinião um elemento importante na interação dos agentes: o fato de agentes ideologicamente distantes muitas vezes se recusarem a trocar informação, em decorrência da distância ideológica. Nisso, o modelo foi mais um passo de aumento da fidelidade dos modelos de dinâmicas de opiniões, com o objetivo de aumentar sua capacidade explicativa³.

Uma preocupação da literatura em OD tem sido, assim, em ir além e garantir um maior realismo cognitivo dos agentes ([DUGGINS, 2016](#); [HOMER-DIXON et al., 2013](#); [ABRICA-JACINTO; KURMYSHEV; JUÁREZ, 2017](#)). Nisso a área tem feito um empreendimento semelhante ao de [Epstein \(2014\)](#) de dar uma melhor fundamentação (neuro)cognitiva aos modelos que usam a metodologia da Modelagem Baseada em Agentes, dado que ela nos permite incorporar esses elementos sem uma grande perda de tratabilidade. Contudo, um princípio básico da modelagem é a parcimônia, e é questionável em que medida estamos tendo uma alavancagem explicativa na área de dinâmicas de opinião ao complicarmos demais a cognição dos agentes ([LAVE; MARCH, 1993](#); [SZNAJD-WERON; SZWABIŃSKI; WERON, 2014](#)).

Essa preocupação em balancear plausibilidade, capacidade explicativa, parcimônia e tratabilidade também coloca em cheque o uso de modelos derivados da Teoria da Decisão, conhecidos como Bayesianos, e tipicamente usados na Economia ([ACEMOGLU;](#)

¹ Não vamos, assim, estabelecer uma forma funcional específica para a função de utilidade dos eleitores. Pressupõem-se, porém, que sejam aproximadas por alguma das funções de utilidade tradicionalmente usadas em política e apresentadas no Capítulo 1. [Carroll et al. \(2013\)](#) considera que, no congresso americano, os legisladores têm uma função de utilidade melhor aproximada por uma Normal do que por uma função quadrática.

² As quais, como discutido mais a frente, vão ser representadas por probabilidades subjetivas.

³ Como lembra [Marchi e Page \(2014\)](#), a busca por fidelidade só é justificada se tiver como consequência uma maior capacidade explicativa, devendo ser de outra maneira evitada. Se um elemento vai contribuir ou não em *insights* é, contudo, ainda muito vago, e uma lacuna metodológica a ser superada ([RAGAN, 2010](#)).

OZDAGLAR, 2011). Acemoglu e Ozdaglar (2011) considera que modelos de OD com agentes Bayesianos pressupõem muito tanto em relação a estrutura da opinião dos agentes, exigindo que tenham um “modelo” do mundo, quanto em relação à sua capacidade “computacional”, ou de processamento de informação, isto é, de calcular o *posterior* num ambiente com muita informação e em constante mudança. Seriam mais úteis, portanto, como contrafactuais extremos ou *benchmark* para comparação com modelos com agentes mais plausíveis.

Se nem agentes hiper-rationais, nem agentes com excesso de fundamentação (neuro)-cognitiva são a resposta às limitações dos modelos em OD, nos mantemos usando modelos com agentes que mudam de opinião segundo alguma heurística, como imitação ou rateamento, típicos da literatura em Sociofísica, mas com pouca fundamentação empírica e comportamental (ACEMOGLU; OZDAGLAR, 2011)?

Se temos por objetivo modelos explicativos/preditivos⁴ é interessante que o uso de agentes que seguem heurísticas se coadune com a fundamentação empírica, mesmo que seja uma calibração informal (FLACHE et al., 2017).⁵ Uma alternativa é o *framework* proposto por Martins et al. (2012) que é inspirado nos modelos Bayesianos, mas não pressupõe agentes totalmente racionais, modelando-os com uma capacidade de processamento de informação limitada⁶. Um conjunto de trabalhos em psicologia e ciência cognitiva vêm, nos últimos anos, defendendo a possibilidade de que o cérebro humano possa ser pensado como um mecanismo de teste de hipóteses imperfeito⁷ (HOHWY, 2013; SANBORN; CHATER, 2016). Inspirar-se na Teoria da Decisão, a qual lida tradicionalmente com o problema da inferência, pode ser, portanto, uma boa estratégia na tentativa de modelar dinâmicas de opinião com agentes “imperfeitamente bayesianos” (GRIFFITHS; TENENBAUM, 2006; FUJIKAWA, 2007; BAKER et al., 2017).

⁴ Estamos aqui nos retendo a modelos que propositalmente buscam fidelidade com sistemas concretos, com objetivos explicativos/preditivos. Existe uma gama de outros usos, positivos e normativos, para modelos teóricos. Para discussões sobre usos de modelos teóricos, particularmente em Ciência Política, ver: Clarke e Primo (2012) e Johnson (2014).

⁵ Não necessariamente, contudo, o teste empírico. Como argumenta Clarke e Primo (2012), não necessariamente modelos empíricos devem ser apresentados com um modelo teórico acoplado e vice-versa. Porém, cremos que se o propósito do modelo é explicativo é relevante que tenha ao menos uma calibração informal (FLACHE et al., 2017), e em algum momento seja confrontado, validado, com os dados. Em particular, em comparação com outros modelos concorrentes (CLARKE; PRIMO, 2012).

⁶ Diferentemente dos modelos bayesianos em que os agentes usam toda a informação disponível para tomar sua decisão (JACKMAN, 2009)

⁷ Essa imperfeição, contudo, teria um fundamento evolucionário (PRICE; JONES, 2016; MARTINS, 2005).

Considerações Finais

Apêndice 1 - Dos dados

A primeira ressalva metodológica em relação aos dados é que não aplicamos os pesos recomendados pelo *European Social Survey*. Isso significa que, dado o viés de seleção, as figuras representam o auto-posicionamento dos respondentes, mas não da população⁸. Por não termos aplicado o peso que controla pelo tamanho das populações a Figura 4 não nos permite comparar o auto-posicionamento entre os países⁹. Além de haver uma variação entre o tamanho das amostras, só representamos, obviamente, respostas válidas, embora houvesse opção de responder “Não sei”.

Países	N total	Fração de Respostas válidas
Alemanha	2919	0.93
Bélgica	1899	0.86
Dinamarca	1506	0.93
Eslovênia	1519	0.79
Espanha	1729	0.81
Finlândia	2000	0.95
França	1503	0.94
Grécia	2566	0.77
Hungria	1685	0.83
Irlanda	2046	0.83
Israel	2499	0.92
Luxemburgo	1552	0.77
Noruega	2036	0.98
Países Baixos	2364	0.95
Polônia	2110	0.83
Portugal	1511	0.80
Reino Unido	2052	0.91
Suécia	1999	0.95
Suíça	2040	0.92
Áustria	2257	0.86

Tabela 1 – Número de Entrevistados (N) para 20 países do ESS 2002

Outra ressalva é que as respostas são discretas (0-10) enquanto a teoria e nosso modelo supõem pontos ideais num espaço contínuo. Uma solução é discretizar o *outcome* quando formos validá-lo. Outra é estimar as preferências dos indivíduos por meio de suas respostas em outras perguntas do *survey*¹⁰.

⁸ Escolhemos a Polônia para a Figura 3, contudo, por ser o país com a menor variância do peso pós-estratificação.

⁹ Mesmo que tivéssemos aplicado o peso a comparação entre países usando um auto-posicionamento ideológico é complicada dado que a dimensão tem significados distintos em diferentes contextos (LAVÉ, 2014).

¹⁰ Por meio, por exemplo, de técnicas de análise fatorial ou de componentes principais (LAVÉ, 2014).

Referências

- ABRICA-JACINTO, N. L.; KURMYSHEV, E.; JUÁREZ, H. A. Effects of the interaction between ideological affinity and psychological reaction of agents on the opinion dynamics in a relative agreement model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, JASSS, v. 20, n. 3, 2017.
- ACEMOGLU, D.; OZDAGLAR, A. Opinion dynamics and learning in social networks. *Dynamic Games and Applications*, Springer, v. 1, n. 1, p. 3–49, 2011.
- ACHEN, C. H.; BARTELS, L. M. *Democracy for realists: Why elections do not produce responsive government*. [S.l.]: Princeton University Press, 2016.
- ARMSTRONG, D. A. et al. *Analyzing spatial models of choice and judgment with R*. [S.l.]: CRC Press, 2014.
- AUSTEN-SMITH, D.; BANKS, J. S. Social choice theory, game theory, and positive political theory. *Annual Review of Political Science*, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 1, n. 1, p. 259–287, 1998.
- AXELROD, R. The dissemination of culture a model with local convergence and global polarization. *Journal of conflict resolution*, Sage Publications, v. 41, n. 2, p. 203–226, 1997.
- BAKER, C. L. et al. Rational quantitative attribution of beliefs, desires and percepts in human mentalizing. *Nature Human Behaviour*, Nature Publishing Group, v. 1, p. 0064, 2017.
- BARABAS, J. How deliberation affects policy opinions. *American Political Science Review*, Cambridge University Press, v. 98, n. 4, p. 687–701, 2004.
- BARBER, B. *Strong democracy: Participatory politics for a new age*. [S.l.]: Univ of California Press, 2003.
- BARTELS, L. M. Democracy with attitudes. *Electoral democracy*, University of Michigan Press Ann Arbor, p. 48–82, 2003.
- BENDOR, J. et al. *A behavioral theory of elections*. [S.l.]: Princeton University Press, 2011.
- BENOIT, K.; LAVER, M. et al. *Party policy in modern democracies*. [S.l.]: Routledge, 2006.
- BERELSON, B. Democratic theory and public opinion. *Public Opinion Quarterly*, JSTOR, p. 313–330, 1952.
- BINMORE, K. *Does game theory work? The bargaining challenge*. [S.l.]: Mit Press, 2007.
- BINMORE, K. *Rational decisions*. [S.l.]: Princeton University Press, 2008.
- BLACK, D. On the rationale of group decision-making. *Journal of political economy*, The University of Chicago Press, v. 56, n. 1, p. 23–34, 1948.

- BLACK, D. et al. *The theory of committees and elections*. [S.l.]: Springer, 1958.
- BOWLES, S. *Microeconomics: behavior, institutions, and evolution*. [S.l.]: Princeton University Press, 2009.
- BRIGGS, R. Normative theories of rational choice: Expected utility. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2017. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017.
- CARROLL, R. et al. The structure of utility in spatial models of voting. *American Journal of Political Science*, Wiley Online Library, v. 57, n. 4, p. 1008–1028, 2013.
- CASTELLANO, C. Social influence and the dynamics of opinions: the approach of statistical physics. *Managerial and Decision Economics*, Wiley Online Library, v. 33, n. 5-6, p. 311–321, 2012.
- CLARKE, K. A.; PRIMO, D. M. *A model discipline: Political science and the logic of representations*. [S.l.]: Oxford University Press, 2012.
- COLLIER, D.; HIDALGO, F. D.; MACIUCEANU, A. O. Essentially contested concepts: Debates and applications. *Journal of Political Ideologies*, Taylor & Francis, v. 11, n. 3, p. 211–246, 2006.
- CONVERSE, P. E. The nature of belief systems in mass publics (1964). *Critical review*, Taylor & Francis, v. 18, n. 1-3, p. 1–74, 2006.
- DAHL, R. A. *Polyarchy: Participation and opposition*. [S.l.]: Yale University Press, 1973.
- DAHL, R. A. *Democracy and its Critics*. [S.l.]: Yale University Press, 1989.
- DEFFUANT, G. et al. Mixing beliefs among interacting agents. *Advances in Complex Systems*, World Scientific, v. 3, n. 01n04, p. 87–98, 2000.
- DOWNEY, A. B. *Think complexity: complexity science and computational modeling*. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2012.
- DOWNS, A. An economic theory of political action in a democracy. *Journal of Political Economy*, The University of Chicago Press, v. 65, n. 2, p. 135–150, 1957.
- DOWNS, A. *Uma teoria econômica da democracia. trad. de sandra guardini teixeira Vasconcelos. são Paulo*. [S.l.]: Edusp, 1999.
- DRUCKMAN, J. N.; LEEPER, T. J. Is public opinion stable? resolving the micro/macro disconnect in studies of public opinion. *Daedalus*, MIT Press, v. 141, n. 4, p. 50–68, 2012.
- DUGGINS, P. A psychologically-motivated model of opinion change with applications to american politics. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2016.
- EPSTEIN, J. M. *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. [S.l.]: Princeton University Press, 2006.
- EPSTEIN, J. M. Why model? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, v. 11, n. 4, p. 12, 2008.

- EPSTEIN, J. M. *Agent_Zero: Toward neurocognitive foundations for generative social science*. [S.l.]: Princeton University Press, 2014.
- FLACHE, A. et al. Models of social influence: Towards the next frontiers. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, v. 20, n. 4, p. 2, 2017. ISSN 1460-7425. Disponível em: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/20/4/2.html>>.
- FOWLER, J. H.; DAWES, C. T. In defense of genopolitics. *American Political Science Review*, Cambridge University Press, v. 107, n. 2, p. 362–374, 2013.
- FOWLER, J. H.; SCHREIBER, D. Biology, politics, and the emerging science of human nature. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 322, n. 5903, p. 912–914, 2008.
- FUJIKAWA, T. Perfect bayesian vs. imperfect bayesian in small decision making problems. *Behaviormetrika*, The Behaviormetric Society of Japan, v. 34, n. 1, p. 27–44, 2007.
- GALAM, S. Social paradoxes of majority rule voting and renormalization group. *Journal of Statistical Physics*, Springer, v. 61, n. 3-4, p. 943–951, 1990.
- GALAM, S. *Sociophysics: a physicist's modeling of psycho-political phenomena*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.
- GALAM, S.; GEFEN, Y.; SHAPIR, Y. Sociophysics: A new approach of sociological collective behaviour. i. mean-behaviour description of a strike. *Journal of Mathematical Sociology*, Taylor & Francis, v. 9, n. 1, p. 1–13, 1982.
- GAUS, G. *On philosophy, politics, and economics*. [S.l.]: Nelson Education, 2007.
- GINTIS, H. *The bounds of reason: Game theory and the unification of the behavioral sciences*. [S.l.]: Princeton University Press, 2009.
- GINTIS, H. *Individuality and Entanglement: The Moral and Material Bases of Social Life*. [S.l.]: Princeton University Press, 2016.
- GLAZER, A.; GROFMAN, B.; OWEN, G. A model of candidate convergence under uncertainty about voter preferences. *Mathematical and Computer Modelling*, Elsevier, v. 12, n. 4-5, p. 471–478, 1989.
- GOMES, M. P. S. *Desacordo e Convergência em Redes de Difusão de Opinião Política: um experimento computacional a partir de Mutz, Huckfeldt e Axelrod*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- GREEN, D.; SHAPIRO, I. *Pathologies of rational choice theory: A critique of applications in political science*. [S.l.]: Yale University Press, 1996.
- GRIFFITHS, T. L.; TENENBAUM, J. B. Optimal predictions in everyday cognition. *Psychological science*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 17, n. 9, p. 767–773, 2006.
- GROFMAN, B. Downs and two-party convergence. *Annu. Rev. Polit. Sci.*, Annual Reviews, v. 7, p. 25–46, 2004.

- HANSSON, S. O.; GRÜNE-YANOFF, T. Preferences. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2012. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2012.
- HARDIN, R. The free rider problem. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2013. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2013.
- HECHTER, M.; KANAZAWA, S. Sociological rational choice theory. *Annual review of sociology*, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 23, n. 1, p. 191–214, 1997.
- HEGSELMANN, R. Thomas c. schelling and james m. sakoda: The intellectual, technical, and social history of a model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, JASSS, v. 20, n. 3, 2017.
- HOHWY, J. *The predictive mind*. [S.l.]: Oxford University Press, 2013.
- HOMER-DIXON, T. et al. A complex systems approach to the study of ideology: Cognitive-affective structures and the dynamics of belief systems. *Journal of social and political psychology*, v. 1, n. 1, p. 337–363, 2013.
- HOUWELING, R. P. V.; SNIDERMAN, P. M. The political logic of a downsian space. *Institute of Governmental Studies*, 2005.
- HUMPHREYS, M.; LAVER, M. Spatial models, cognitive metrics, and majority rule equilibria. *British Journal of Political Science*, Cambridge University Press, v. 40, n. 1, p. 11–30, 2010.
- JABLONKA, E.; LAMB, M. J. *Evolution in four dimensions, revised edition: Genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. [S.l.]: MIT press, 2014.
- JACKMAN, S. *Bayesian analysis for the social sciences*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. v. 846.
- JEHLE, G. A. *Advanced microeconomic theory*. [S.l.]: Pearson Education India, 2001.
- JOHNSON, J. Models among the political theorists. *American Journal of Political Science*, Wiley Online Library, v. 58, n. 3, p. 547–560, 2014.
- KOLLMAN, K.; MILLER, J. H.; PAGE, S. E. Political parties and electoral landscapes. *British Journal of Political Science*, Cambridge University Press, v. 28, n. 1, p. 139–158, 1998.
- KOWALSKA-PYZALSKA, A. et al. *Going green: Agent-based modeling of the diffusion of dynamic electricity tariffs*. [S.l.], 2013.
- KUKLINSKI, J. H. et al. Misinformation and the currency of democratic citizenship. *The Journal of Politics*, University of Texas Press, v. 62, n. 3, p. 790–816, 2000.
- LAVE, C. A.; MARCH, J. G. *An introduction to models in the social sciences*. [S.l.]: University Press of America, 1993.
- LAVER, M. Measuring policy positions in political space. *Annual Review of Political Science*, Annual Reviews, v. 17, p. 207–223, 2014.

- LAVER, M.; SERGENTI, E. *Party competition: An agent-based model*. [S.l.]: Princeton University Press, 2011.
- LIU, F. Von wright's "the logic of preference" revisited. *Synthese*, Springer, v. 175, n. 1, p. 69–88, 2010.
- LORENZ, J. Modeling the evolution of ideological landscapes through opinion dynamics. In: *Advances in Social Simulation 2015*. [S.l.]: Springer, 2017. p. 255–266.
- MARCHI, S. D. Adaptive models and electoral instability. *Journal of Theoretical Politics*, Sage Publications 6 Bonhill Street, London EC2A 4PU, UK, v. 11, n. 3, p. 393–419, 1999.
- MARCHI, S. D.; PAGE, S. E. Agent-based models. *Annual Review of Political Science*, Annual Reviews, v. 17, p. 1–20, 2014.
- MARCHI, S. de. *Computational and Mathematical Modeling in the Social Sciences*. Cambridge University Press, 2005. ISBN 9781139446860. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=fPhvoKufiogC>.
- MARTINS, A. C. Adaptive probability theory: Human biases as an adaptation. 2005.
- MARTINS, A. C. Continuous opinions and discrete actions in opinion dynamics problems. *International Journal of Modern Physics C*, World Scientific, v. 19, n. 04, p. 617–624, 2008.
- MARTINS, A. C. Bayesian updating rules in continuous opinion dynamics models. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, IOP Publishing, v. 2009, n. 02, p. P02017, 2009.
- MARTINS, A. C. Thou shalt not take sides: Cognition, logic and the need for changing how we believe. *arXiv preprint arXiv:1508.05169*, 2015.
- MARTINS, A. C. et al. Bayesian updating as basis for opinion dynamics models. In: *AIP. AIP Conference Proceedings*. [S.l.], 2012. v. 1490, n. 1, p. 212–221.
- MCLEAN, I. The strange history of social choice, and the contribution of the public choice society to its fifth revival. *Public Choice*, Springer, v. 163, n. 1-2, p. 153–165, 2015.
- MILLER, N. R. The spatial model of social choice and voting. In: HECKELMAN, J. C.; MILLER, N. R. (Ed.). *Handbook of social choice and voting*. [S.l.]: Edward Elagar, Cheltenham, 2015. p. 163–181.
- MORTON, R. B. *Methods and models: A guide to the empirical analysis of formal models in political science*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1999.
- MUNGER, M. C. *Choosing in groups: Analytical politics revisited*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2015.
- OLSON, M. The logic of collective action: Public goods and the theory of groups. Harvard University Press, 1965.
- OPPENHEIMER, J. *Principles of politics: a rational choice theory guide to politics and social justice*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2012.

- ORDESHOOK, P. C. The emerging discipline of political economy. In: *Perspectives on positive political economy*. [S.l.]: Cambridge University Press, Cambridge, 1990. p. 9–30.
- OSTROM, E. An agenda for the study of institutions. *Public choice*, Springer, v. 48, n. 1, p. 3–25, 1986.
- PAGE, S. E. Uncertainty, difficulty, and complexity. *Journal of Theoretical Politics*, v. 20, n. 2, p. 115–149, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0951629807085815>>.
- POOLE, K. T. *Spatial models of parliamentary voting*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005.
- POOLE, K. T.; DANIELS, R. S. Ideology, party, and voting in the us congress, 1959–1980. *American Political Science Review*, Cambridge University Press, v. 79, n. 2, p. 373–399, 1985.
- PRICE, M. H.; JONES, J. H. Hierarchical evolutionary preferences explain discrepancies in expected utility theory. *bioRxiv*, Cold Spring Harbor Labs Journals, p. 081570, 2016.
- PULICK, E. et al. Modeling interaction effects in polarization: Individual media influence and the impact of town meetings. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, v. 19, n. 2, p. 1, 2016. ISSN 1460-7425. Disponível em: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/19/2/1.html>>.
- RAGAN, R. An embarrassment of riches: Parameter choice in agent-based models. *Unpublished manuscript. Department of Political Science, Duke University*, 2010.
- RYAN, J. B. Social networks as a shortcut to correct voting. *American Journal of Political Science*, Wiley Online Library, v. 55, n. 4, p. 753–766, 2011.
- SANBORN, A. N.; CHATER, N. Bayesian brains without probabilities. *Trends in cognitive sciences*, Elsevier, v. 20, n. 12, p. 883–893, 2016.
- SAYAMA, H. *Introduction to the modeling and analysis of complex systems*. [S.l.]: Open SUNY Textbooks, 2015.
- SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, socialism and democracy*. [S.l.]: Routledge, 2013.
- SÎRBU, A. et al. Opinion dynamics: models, extensions and external effects. In: *Participatory Sensing, Opinions and Collective Awareness*. [S.l.]: Springer, 2017. p. 363–401.
- SZNAJD-WERON, K.; SZWABIŃSKI, J.; WERON, R. Is the person-situation debate important for agent-based modeling and vice-versa? *PloS one*, Public Library of Science, v. 9, n. 11, p. e112203, 2014.
- TROITZSCH, K. G. Axiomatic theory and simulation: A philosophy of science perspective on schelling’s segregation model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, JASSS, v. 20, n. 1, 2017.
- WARD, M. D.; O’LOUGHLIN, J. Spatial processes and political methodology: Introduction to the special issue. *Political Analysis*, Cambridge University Press, v. 10, n. 3, p. 211–216, 2002.

WARREN, M. E. What is political? *Journal of Theoretical Politics*, Sage Publications 6 Bonhill Street, London EC2A 4PU, UK, v. 11, n. 2, p. 207–231, 1999.

WILENSKY, U.; RAND, W. *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. [S.l.]: MIT Press, 2015.

WINTHER, R. G. The structure of scientific theories. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2016. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2016.

WONG, J. K. Formal political theory. *The Encyclopedia of Political Thought*, Wiley Online Library, 2015.

ZALLER, J.; FELDMAN, S. A simple theory of the survey response: Answering questions versus revealing preferences. *American journal of political science*, JSTOR, p. 579–616, 1992.