

De Roletas a Tokens, Invariantes e Leis:

Randomização vs. Intencionalidade
Não-Tendenciosidade vs. Eficiência

Julio Michael Stern

IME-USP - Universidade de São Paulo



1



2



3



4

<http://www.ime.usp.br/~jstern/miscellanea/jmsslides/ABJ161.pdf>

- Tribunal Superior Eleitoral, Brasília, 8-10 de Agosto de 2016
- Hospital do Cancer A.C. Camargo, São Paulo, 2016-2018



1b- De Roletas a Tokens, Objetos Invariantes e Leis



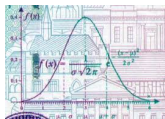
5



6



7



8



9

Figuras que decoram este slide e o anterior:

- Mecanismos de sorteio: Rolar, girar (2,4); Embaralhar (3,4).
- Instrumentos de: Jogador (1,2,3), Adivinho (soothsayer) (4)
 - Magos e adivinhos *tiram sortes* para ver a verdade;
 - Estatísticos também! (sinônimos: aleatorizam, randomizam)
- Tokens invariantes: Selos, Moedas, Palavras, Leis...
 - Token (vale): Uma referência a (ou direito a) algo... a um
 - Invariante: Um objeto que permanece sendo ele mesmo [mantêm sua identidade, conserva características essenciais] em situações mutáveis [ao longo do tempo, em diferentes posições (origem e destino do serviço postal de envio), etc.];
 - Leis são regras de comportamento (probabilístico) invariante;
 - Palavras são tokens em Ontologias.

1c- Esta apresentação

1- Introdução

2- Charles Sanders Peirce, Ronald Fisher e o Padrão Ouro: Ensaio (duplo) cegos e randomizados

3- Confundimento e Separação / Desacoplamento

4- Esquema Box & Hunter suas Maldições

5- Ensaio Clínico e Legais: Considerações Éticas

6- Amostragem Intencional Fortuita (Haphazard), Protocolos dinâmicos para ensaios complexos, etc.

7- Autopoiese, Recursão e Autonomia.

Jurimetria: Colaboração Inter-disciplinar + Respeito a valores, especificidades e competências Intra-disciplinares

História dos contextos de desenvolvimento: Testes psicométricos; Ensaio clínico, Experimentos de política pública.

2a- Testes Psicométricos

Entre 1850 e 1880 a psicofísica (psychophysics) tentava quantificar a resposta humana a estímulos sensoriais.

Por exemplo, a **Lei** de Fechner afirma que:

– *A magnitude da sensação (γ) percebida é proporcional ao logaritmo da magnitude do estímulo (β) expresso em termos do limiar de percepção (b), abaixo do qual este se torna imperceptível, isto é, $\gamma = k \log(\beta/b)$ ($\beta > b$).*

Para testar a validade, ainda que aproximada, se sua (própria) teoria, Gustav Th. Fechner (1801-1887) fazia experimentos nos quais ele preparava dois estímulos, com intensidades μ e $\mu + \delta$. Posteriormente, ele (ele mesmo, novamente) se submetia a ambos os estímulos para verificar se era possível (ou não) distinguir qual o mais forte.

• *Introspecção experimental* de Wilhelm Wundt (1832-1920):
“Método de auto-vigilância para percepção interna objetiva” ?!

> Selbstbeobachtung und innere Wahrnehmung.

Philosophische Studien, (1888) 4, 292-309.

2b- Testes Psicométricos

Em 1870, Georg Müller e sua equipe em Tübingen e Göttingen estabelecem* a necessidade de fazer Ensaio Cegos:

- Os estímulos são preparados / administrados por agente(s) denominado(s) Experimentador / Operador, e aplicados no Paciente ou Sujeito, que **não** conhece a forma de preparo.
- Os estímulos são apresentados em “ordem irregular” (buntem Wechsel). Esta irregularidade visa impedir que o paciente se habitue ou seja capaz de perceber padrões de regularidade na seqüência de estímulos apresentados ou, em outras palavras, evitar que o paciente forme expectativas que lhe ajudem a adivinhar a resposta correta.

Todavia, não havia ainda nem uma teoria definindo *irregularidade* nem um método sistemático para obter seqüências irregulares.

* Vide Bateson (1987) sobre dilemas de autoridade ou impasses tipo *Double-Binding*.

2c- Ensaios Randomizados

Em 1885, Charles Saunders Peirce e seu estudante Joseph Jastrow, no artigo *On small Differences of Sensation*, (Mem. Nat. Acad.of Sciences, 3, (1884), p.75-83), apresenta a Randomização como solução prática para obter uma seqüência irregular, utilizando com instrumento de aleatorização um baralho normal de cartas de jogo.

A ideia de Peirce foi (na época) violentamente rejeitada! Uma método científico não poderia valer-se de protocolos envolvendo sorteios aleatórios e utilizando cartas de jogo!

Em 1926, Ronald Fisher resgata o conceito de experimento randomizado. A partir de então, o ensaio (duplo) cego e randomizado torna-se o padrão ouro da ciência experimental.

2d- Boas Seqüências (Pseudo-) Aleatórias

Definição: Irregular = (Pseudo-) Aleatório
(é o mesmo que pular da frigideira para o fogo...)

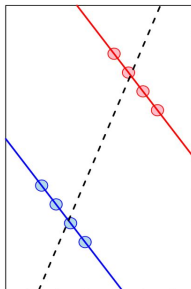
*Em computadores eletrônicos digitais, é muito conveniente calcular uma seqüência aleatória um número por vez, no tempo em que requerido, através de uma regra bem especificada (algoritmo determinístico) que, no entanto, é concebida de forma que nenhum teste estatístico **razoável** seja capaz de detectar um desvio significativo da randomicidade. Uma seqüência assim concebida é denominada pseudo-aleatória. Hammersley and Handscomb (1964, p.26)*

*Uma seqüência de números pseudo-aleatórios, U_i , é uma seqüência determinística em $[0, 1]$ tendo as mesmas propriedades estatísticas **relevantes** que uma seqüência de números aleatórios. Ripley (1987, p.15).*

3a- Confundimento e Separação

Tablela1: Paradoxo de Simpson.

Sexo	T	R	NR	Total	R%
Todos	T	20	20	40	50%
Todos	NT	16	24	40	40%
Masc.	T	18	12	30	60%
Masc.	NT	7	3	10	70%
Fem.	T	2	8	10	20%
Fem.	NT	9	21	30	30%



Lindley (1991, p.47-48): De 80 pacientes, 40 são tratados (T), 40 não (NT ou placebo) . Alguns pacientes se recuperam (R), outros não (NR). A taxa de recuperação (R%) é dada na tabela para todos os pacientes de forma agregada e desagregada por sexo. Aparentemente, o tratamento é ruim tanto para homens quanto para mulheres, mas é bom para todos!

3b- Causa e Efeito do Confundimento

Lindley (1991, p.47-48), Pearl (2000):

O médico responsável pelo pelo ensaio:

- Não confiava no tratamento, ademais
- Sabia que a doença afeta mulheres mais severamente.

Assim, para evitar* malefício às mulheres, ele decidiu testar o tratamento (T) apenas nos homens, que provavelmente se recuperariam de qualquer forma.

- Na linguagem de ensaios clínicos, não tratamento (NT) ou *placebo* denota a droga padrão ou um procedimento inócuo, enquanto tratamento (T) denota a novidade proposta.

Assim procedendo, o médico criou* uma **associação espúria** entre a variável explicada (taxa de recuperação) e uma variável explicativa (sexo).

* – Conflitos éticos, vide Sec.4

3c- Separação / Desacoplamento

Um experimento randomizado de Fisher... consiste de duas partes: Randomização e Intervenção.

Intervenção significa que mudamos o comportamento natural do indivíduo: Separamos sujeitos em dois grupos, chamados Tratamento e Controle, e convencemos os sujeitos a obedecer o protocolo do experimento. Damos tratamento a alguns pacientes que, em circunstâncias normais, não o buscariam, e damos placebo a pacientes que de outra forma buscariam tratamento. A isto, em nosso vocabulário, denominamos 'cirurgia' - estamos cortando um vínculo funcional e substituindo-o por outro. A grande intuição (insight) de Fisher foi que conectar o novo vínculo a uma moeda aleatória 'garante' que o vínculo que queremos quebrar foi de fato quebrado. A razão é que assumimos que a moeda não é afetada por nada que possa ser medido a nível macroscópico.

Pearl (2000, p.348, The Art and Science of Cause and Effect)

3d- Confundimento Complexo (efeitos de 2a ordem)

Caso Gluconato de Zinco

- Placebo casado (placebo matching): Um estudo cego requer um placebo com as mesmas características (cor, gosto, cheiro, consistência, apresentação) que a droga em teste.
 - *Qualquer coisa de gosto tão ruim e que fica na boca tanto tempo como o gosto de zinco, tem que ser um bom remédio!*
Desbiens (2000), Farr and Gwaltney (1987).
-

- Pacientes / participantes de um ensaio clínico não deveriam interagir fora do protocolo estabelecido. No entanto eles o fazem, e depois escondem e mentem sobre o que fizeram!
- As regras e protocolos de um bom experimento devem levar em conta (para inibir ou estimular) efeitos de 2a ordem ou ordem superior, tanto os indesejados quanto os desejados, pois eles geram importantes circuitos viciosos ou virtuosos.

3e- Desacoplamento no Contexto Legal

- Regras de separação (seqüestro) dos membros do juri.
 - Visa evitar influências espúrias, como coação, corrupção, manipulação emocional, opiniões próximas e pública, etc.
- Distribuição randomizada de processos a varas / juízes.
 - Extremo da ‘eficiência’ (acoplamento):
Distribuição intencional e determinística;
(segundo as intenções de quem? com que interesses?)
 - Extremo da ‘honestidade’ (desacoplamento):
Distribuição totalmente aleatória.
(sem considerar especialidades / especificidades relevantes?)
- Necessidade (possibilidade?) de realizar experimentos duplo-cegos e randomizados na área do direito, ex:
 - Penas (severas / brandas) e sua *Relação Causal* com reincidência ou recuperação comportamental, (Ch. Engel);
 - Inteligibilidade da regulamentação e sua aplicabilidade.
(Leis ‘para Inglês ver’, que ‘colam’ ou não...? Wim Voermans)
- ? – Conflitos éticos, vide Sec.4

4a- Esquema Box & Hunter suas Maldições

Box & Hunter (1978). Statistics for Experimenters:

Controle o que puder e randomize o resto!

– Controle: Falta de pares de sapato ou gêmeos múltiplos;

– Maldição da dimensionalidade:

Para controlar d variáveis dicotômicas, precisamos 2^d grupos;

– Equilíbrio por randomização:

Resultado que depende do Teorema Central do Limite ou similares, que é uma Condição Assintótica, válida para $n \rightarrow \infty$

– ...

– Experimentos com um número exponencial (no número de covariáveis controladas) de grupos, onde cada grupo deve ter tamanho suficientemente grande para garantir resultados assintóticos, costuma estourar qualquer orçamento razoável!

5a- Conflitos Éticos com a Ciência

Conflito de interesse no caso do Paradoxo de Simpson

- Ética médica: Tratar o paciente da melhor forma possível.
 - Ética científica: Obter a melhor informação possível.
- ⇒* Necessidade de ensaio duplo-cego e randomizado.

Conflito de interesse no caso do Gluconato de Zinco

– Direito à Informação:

O paciente quer conhecer seu próprio tratamento.

– Veracidade (do ensaio), evitar viés e tendenciosidade:

É preciso esconder do paciente esta informação

⇒* Necessidade de ensaio multi-cego e randomizado.

* Eu sou um cientista, não sou médico, nem jurista.

– Ética médica: Fazer (apenas) aquilo que beneficia o paciente.

Ensaio clínico *não* pertencem a este escopo. No entanto, são absolutamente necessários para expandir o conhecimento da ciência e o escopo da prática médica.

5b- Conflitos Éticos externos à Ciência

- Caso Talidomida (thalidomide), com efeitos teratogênicos
- Caso Fosfoetanolamina, com fomento de crenças infundadas
- ⇒** Opção por fazer ensaios estatísticos seguros, isto é, amplos, abrangentes e altamente confiáveis, ainda que sejam grandes (muitos participantes em risco) e longos.

- Caso AIDS / HIV, com urgência de anti-retro-virais
- ⇒** Opção por fazer ensaios estatísticos rápidos, isto é, pequenos e curtos, assumindo os riscos conseqüentes.

** Dentro das normas de boa prática estatística, é possível desenhar ensaios para atender ambos os tipos de demanda.

– Bom compromisso (trade-off) entre qualidade e custo da informação depende de quantificar riscos e incertezas, i.e., avaliar corretamente custos, riscos e outras *características operacionais* do processo.

5c- Efeitos (não tão) éticos de 2a ordem

- Agencias reguladoras (NIH, ANVISA) são conservadoras e avessas ao risco/ responsabilidade. (Pseudo-) Justificativas:
 - Processo adversarial (imperfeitamente implementado);
 - Princípio da legalidade estrita (interpretações); etc.

- Induzir altos custos de desenvolvimento;

Desenvolver apenas projetos suficientemente lucrativos;

Empurrar grandes ensaios para jurisdições de menor custo operacional e baixo risco jurídico (populações vulneráveis);

- Retardar desnecessariamente a disponibilidade de soluções;
- Disponibilizar soluções ultrapassadas e ruins;
- ...

– Boas leis, regras de interação social ou políticas públicas devem, necessariamente, levar em conta efeitos de 2a ordem ou ordem superior, vide slides 2d e 6b.

6a- Soluções* Tecnológicas** p/ Conflitos Éticos

- Amostragem Intencional Fortuita,
Fossaluzza et al. (2015), Lauretto et al. (2012, 2016):

$$\min_{w \in \{0,1\}^n} (1 - \lambda)L(w, X) + \lambda L(w, Z), \quad \lambda \in [0, 1]$$

w – Vetor de Booleano alocação nos braços do experimento;

$X \in R^{n,d}$ – Matriz de covariáveis explicativas;

$Z \in R^{n,2}$ – Matriz de ruídos Gaussianos;

$L(\cdot)$ – Medida de distância entre os dois grupos do estudo:

– Distância de Mahalanobis: $L = M = \|a^1 - a^0\|_2$

$$a^1 = \frac{2}{n} \tilde{X} * w, \quad a^0 = \frac{2}{n} \tilde{X} * (\mathbf{1} - w), \quad \tilde{X} = X * L, \quad L * L^t = \text{Cov}(X)^{-1};$$

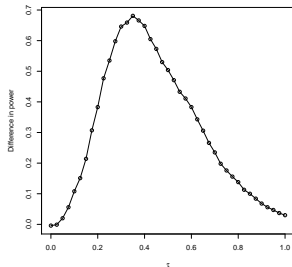
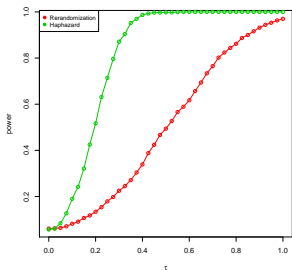
– Distância Linearizada: $L = H = \|a^1 - a^0\|_1 + \sqrt{d} \|a^1 - a^0\|_\infty$

- Protocolos Dinâmicos (ex. regras de parada) via simulação e análise estatística de características operacionais do processo.

* Obviamente, são paliativos – não soluções, vide slide 6a,b

** Consulte sempre um estatístico!

6b- Gráficos de Otimalidade, Separação e Poder



1- Otimalidade / Representatividade ($x = \text{ganho } 1 - 20 X$) vs. Desacoplamento / Yule quantil 95% ($y = \text{fator } 1.00 - 0.95$)

2, 3- Poder discriminatório: 2 populações com médias 0 e τ

Vide: Lauretto, Stern, Morgan, Clark & Stern (2016).

7a- Questões de Política Pública (Direito)

- (1) Questões sistêmicas de cunho administrativo:
 - Custos operacionais do sistema,
 - Eficiência / produtividade do sistema;
- (2) Questões sistêmicas de cunho organizacional:
 - Auditorias de métodos e processos,
 - Coerência do sistema (reformas, discrepâncias);
- (3) Decisões relativas a processos individuais:
 - ex. perda de uma chance, formulação de regras, etc;
- (4) Questões relativas à formulação de políticas públicas (forma e aplicação de leis e regulamentos sociais):
 - ex. interessantes: Christoph Engel, Wim Voermans, etc.

Itens (1) a (4) estão ordenados conforme sua externalidade—
—internalidade em relação á autonomia do sistema, isto é, em
relação a sua dependência de características próprias do
sistema, seus valores e sua lógica de funcionamento.

7b- Sistemas Autopoiéticos, Autonomia, Recursão

A filosofia do direito pode nos ajudar a pensar estas questões?

- Niklas Luhmann: Sistemas sociais modernos organizam-se (recursivamente) como Sistemas Autopoiéticos.
 - Sist. Autopoiético: Forma abstrata de organismo biológico;
 - Sistemas autônomos (diferenciados) que constantemente regeneram e são regenerados por suas partes constituintes;
 - Fechamento operacional, abertura cognitiva.
-
- Necessária discussão (extra-técnica, meta-ética) da relação entre distintas éticas de (sub-) sistemas sociais autônomos.
 - Boas leis, regras de interação ou políticas sociais devem, necessariamente, levar em conta efeitos de ordem superior, pois representam interações recursivas (ordem infinita) que
 - Geram auto-soluções, as formas invariantes de um sistema autopoiético (estáveis, precisas, separáveis e componíveis).
 - Imperativo ético: Aja de forma a aumentar o número de escolhas. (von Foerster, 2003, p.227)

7c- Analogias: Sociedade como Organismo, etc.

Immanuel Kant (1724-1804), Rudolph v. Jhering (1818-1892), Émile Durkheim (1858-1917), Herbert Spencer (1820-1903), Humberto Maturana (1928-), Francisco Varela (1946-2001), Talcott Parsons (1923-1973), Niklas Luhmann (1927-1998)...

Thomas Hobbes (1588-1679): Indivíduos como células de um organismo, um *Leviathan – que é um homem artificial, maior e mais forte que o indivíduo humano natural, para cuja defesa e proteção o Leviathan foi criado.*

⇒ Ação legal: ajuste de conduta/ terapia comportamental:

- Terapia do indivíduo, de seu caráter, psyche, alma;
- Terapia do organismo social, educação ou indução coletiva.

⇒ Jurimetria como ciência médica;

⇒ Tribunais como hospitais (courts as hospitals);

- Medicina preventiva: regulamentação de mercados, ...
- Medicina terapêutica: recuperação judicial (bankruptcy) ...

Vide: Rotteleuthner (1988), Golden (2012).

Bibliografia

- > M.S. Laurotto, R.B. Stern, K.L. Morgan, M.H. Clark, J.M. Stern (2016). Haphazard Intentional Sampling and Censored Random Sampling to Improve Covariate Balance in Experiments. *36th MaxEnt*, Ghent, Belgium.
- > V. Fossaluza, M.S. Laurotto, C.A.B. Pereira, J.M. Stern (2015). *Interdiscip. Bayesian Statistics*, Ch.14, p.173-184.
- > M.S. Laurotto, F. Nakano, C.A.B. Pereira, J.M. Stern (2012). Intentional Sampling by Goal Optimization with Decoupling by Stochastic Perturbation. *AIP Conference Proceedings*, 1490, 189-201, 2012.
- > J.M. Stern (2008). *Cognitive Constructivism and the Epistemic Significance of Sharp Statistical Hypotheses in Natural Sciences*. MaxEnt 2008, Boracéia, Brazil. > J.M. Stern (2014). Jacob's Ladder and Scientific Ontologies. *Cybernetics & Human Knowing*, 21, 3, p.9-43. > J.M. Stern (2015). Continuous versions of Haack's Puzzles: Equilibria, Eigen-States and Ontologies. *CLE e-prints*, 15, 7, 1-25.
- > G. Bateson, M.C. Bateson (1987). *Angels Fear: Towards an Epistemology of the Sacred*. NY: Mcmillan.
- > G.E.P. Box, W.G. Hunter, J.S. Hunter (1978). *Statistics for Experimenters: Design, Data Analysis...* NY: Wiley.
- > N.A. Desbiens (2000). Lessons Learned from Attempts To Establish the Blind in Placebo-Controlled Trials of Zinc for the Common Cold. *Annals of Internal Medicine*, 133, 302-303. > B.F. Farr, J.M. Gwaltney (1987). The Problems of Taste in Placebo Matching: An Evaluation of Zinc Gluconate... *Journal of Chronic Diseases*, 40, 9, 875-879.
- > Ch. Engel, H. Hennig-Schmidt, B. Irlenbusch, S. Kube (2009). On Probation: An Experimental Analysis. Tech.Rep. 2009/38. > Ch. Engel (2013). Behavioral Law and Economics: Empirical Methods. Tech.Rep. 2013/1. Max Planck Institute for Research on Collective Goods at Bonn,
- > Ch. Engel (2013). Legal Experiments – Mission Impossible? Inaugural lecture of the Sanders Chair for Internationalisation at Erasmus University School of Law at Rotterdam.
- > Ch. Engel (2015). Randomized Information about the Laws an Instrument. *JITE*, 171, 1, 171-175.
- > H. von Foerster (2003). *Understanding Understanding: Essays on Cybernetics and Cognition*. New York: Springer.
- > J. Golden (2013). Judges and Systematic Risk in Financial Markets. *Fordham Corp. & Fin. Law*, 18, 2, 327-337.
- > J.M. Hammersley, D.C. Handscomb (1964). *Monte Carlo Methods*. London: Chapman and Hall.
- > S. Kotz, N. Balakrishnan, C.B. Read, B. Vidakovic, eds. (2005). *Encyclop. of Statistical Sciences*, 2nd ed. Wiley-Interscience: Clinical Trials I, by N.E. Breslow, v.2, p.981-989, and Clinical Trials II, by R. Simon, v.2, p.989-998.
- > N. Luhmann (1989). *Ecological Communication*. Chicago University Press.
- > N. Luhmann (1990). *Essays on Self-Reference*. Columbia University Press.
- > H.R. Maturana, F.J. Varela (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: Reidel.
- > J. Pearl (2000). *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge University Press.
- > H. Rotteleuthner (1988). Biological Metaphor in Legal Thought. p.97-127 G.Teubner. *Autopoietic Law*. De Gruyter.
- > L. Segal (2001). *The Dream of Reality: Heinz von Foerster's Constructivism*. NY: Springer.
- > W. Voermans (2014). Motive-Based Enforcement. Proc. of the 10th Cong. of the International Association of Legislation (IAL). Baden-Baden: Nomos p.41-61. > W. Voermans (2015). To Measure is to Know: The Quantification of Regulation. *The Theory and Practice of Legislation*, 3, 1, 91-111.



FAQ1a: Autopoiese: Organismos e Sistemas

- *Um sistema autopoietico é organizado (definido como uma unidade) como uma rede de processos de produção (transformação/destruição) de componentes, componentes estes que: (i) pelas suas interações e transformações continuamente regeneram e realizam a rede de processos (relações) que os produzem, e (ii) constituem (a máquina) como uma unidade concreta no espaço em que eles (componentes) existem pela especificação do domínio topológico de sua realização como uma rede.*
- *Toda vez que a conduta de duas ou mais unidades é tal que existe um domínio no qual a conduta de cada unidade é função da conduta das demais, dizemos que elas estão acopladas nesse domínio. [...] Um sistema autopoietico cuja autopoiese requer a autopoiese das unidades acopladas que o realizam é um sistema autopoietico de ordem superior.*

Maturana & Varela (1980, p.84, 78-79, 107, 109)

[Em um organismo ou ser vivo...] é necessário que as partes do mesmo se produzam umas às outras reciprocamente em conjunto, tanto segundo a sua forma como na sua ligação, e assim produzam um todo a partir da sua própria causalidade, cujo conceito por sua vez e inversamente (num ser que possuísse a causalidade adequada a um tal produto) poderia ser causa dele mesmo segundo um princípio, e em conseqüência a conexão das causas eficientes poderia ser ajuizada simultaneamente como efeito mediante causas finais. Num tal produto da natureza cada uma das partes, assim como só existe mediante as restantes, também é pensada em função das outras e por causa do todo, isto é, como instrumento (órgão).

Immanuel Kant (1790, 1995, seção 65, p.216). *Crítica da Faculdade do Juízo*. Tradução V.Rohden & A.Marques. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

FAQ2: Autopoiese e Domínios Cognitivos

• *A circularidade de sua organização continuamente os leva de volta aos mesmos estados internos (mesmos com respeito ao processo cíclico). Cada estado interno requer que certas condições (interações com o ambiente) sejam satisfeitas para prosseguir para o estado seguinte. Portanto, a organização circular implica uma predição de que uma interação que ocorreu no passado voltará a ocorrer novamente. ... Assim, as predições decorrentes da organização do sistema vivo não são predições de eventos particulares, mas de classes de interrelações. Cada interação é uma interação particular, mas cada predição é uma predição para uma classe de interações definida pelas características dos elementos que permitirão ao sistema vivo reter sua organização circular após a interação, e portanto interagir novamente. Isso torna sistemas vivos sistemas inferenciais, e seu domínio de interações um domínio cognitivo.*

Maturana & Varela (1980, p.10)

FAQ3: Autopoiese e Sistemas Sociais

Níveis hierárquicos de um Sistema Autopoiético (s.a.) de ordem superior (exemplo): ..., Formigueiro (s.a. 3a ordem), Castas (operárias, soldadas), Formigas (s.a. 2a ordem), Órgãos, Tecidos, Células (s.a. 1a ordem), ... Moléculas.

- *Sistemas sociais usam comunicação como seu modo particular de (re)produção autopoiética. Seus elementos são comunicações que são recursivamente produzidas e reproduzidas por uma rede de comunicações, que não são unidades vivas, nem unidades conscientes, nem ações. Sua unidade requer uma síntese de três seleções, a saber: Informação, enunciação e entendimento (desentendimento).*
- *Autopoiese requer que o bom funcionamento das sociedades modernas dependa criticamente da manutenção da autonomia operacional de cada um de seus (sub)sistemas.*

Luhmann (1990, p.3; 1989, p.109).

FAQ4a: Auto-Comportamentos, Auto-Soluções

- *Objetos são tokens [vales] para auto-comportamentos. Tokens representam algo distinto. Em troca de dinheiro (ele mesmo um token para ouro...) tokens são usados para se ter acesso a uma viagem de metrô, ou a um jogo em um equipamento de diversão. Na esfera cognitiva, objetos são nomes-token que damos aos nossos auto-comportamentos. Este é o insight construtivista do que acontece quando falamos sobre nossa experiência com objetos.*
- *Auto-valores apresentam-se como sendo ontologicamente discretos [ou precisos, ou exatos], estáveis, separáveis e componíveis, enquanto que, ontogeneticamente, surgem como equilíbrios que se determinam por processos circulares. Ontologicamente, auto-valores e objetos, e da mesma forma ontogeneticamente, comportamentos estáveis e a manifestação da compreensão que um sujeito tem de um objeto, não podem ser distinguidos.*

Segal (2001, p.127), Foerster (2003, p.266)

*Há um ponto adicional, importante, que quero mencionar...
Dentre um contínuo de possibilidades, operação recursivas esculpem um conjunto preciso de soluções discretas.
Auto-comportamentos geram entidades discretas e identificáveis. Produzir soluções discretas dentre uma variedade infinita tem conseqüências incrivelmente importantes. Nos permite começar a nomear objetos.
Linguagem é a possibilidade de esculpir, dentre um número infinito de experiências possíveis, aquelas que permitem uma interação estável de nós mesmos conosco.*

Segal & Foerster (2001, p.128)

Definição padrão de Auto-Vetor em Álgebra Linear:

$T(x) = cx \Rightarrow$ retas passando pela origem (sub-variedades de medida nula). Apenas adicionando a condição (usual embora não essencial) de normalização, $\|x\| = 1$, é que obtemos auto-vetores discretos.