



Teorias da Informação

Profa. Lillian Alvares
Faculdade de Ciência da Informação
Universidade de Brasília



SLOANE, N. J. A.; WYNER, A. D. (Ed.)
Claude E. Shannon: collected papers.
New York: IEEE Press, 1993.

- ▶ *A palavra "informação" recebeu significados diferentes por vários escritores no campo geral da teoria da informação [...]*
Não é de se esperar que um único conceito de informação explicasse satisfatoriamente as inúmeras aplicações possíveis desse campo geral (p. 180).

ANÁLISE TRIPARTITE DA INFORMAÇÃO:

- ▶ Análise técnica, relativa à quantificação da informação
- ▶ Análise semântica, relacionada ao significado e à verdade
- ▶ Análise da influência, relativa ao impacto e à eficácia das informações sobre o comportamento humano

Shannon, Claude E.; Weaver, Warren. **The Mathematical Theory of Communication**. Champaign: University of Illinois Press, 1949.

Shannon, Claude E. A Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, 1948.

NO SÉCULO XX, VÁRIAS
PROPOSTAS DE
FORMALIZAÇÃO DE
CONCEITOS DE
INFORMAÇÃO FORAM FEITAS

TEORIAS QUALITATIVAS
DA INFORMAÇÃO

TEORIAS
QUANTITATIVAS DA
INFORMAÇÃO

- **Medidas de Entropia (Séc XIX e XX)**
- **Função de Nyquist (1924)**
- **Informações de Fisher (1925)**
- **A Função Hartley (1928)**
- **Teoria Clássica da Informação (1948)**
- **Complexidade de Kolmogorov (1965)**

**Algumas
Teorias
Quantitativas
da Informação**

Mark Burgin (2003)

- ▶ O primeiro problema é
 - ▶ definir o que é informação e
 - ▶ descobrir quais propriedades básicas possui.
- ▶ **O segundo problema é**
 - ▶ **Como medir e**
 - ▶ **Como avaliar as informações.**

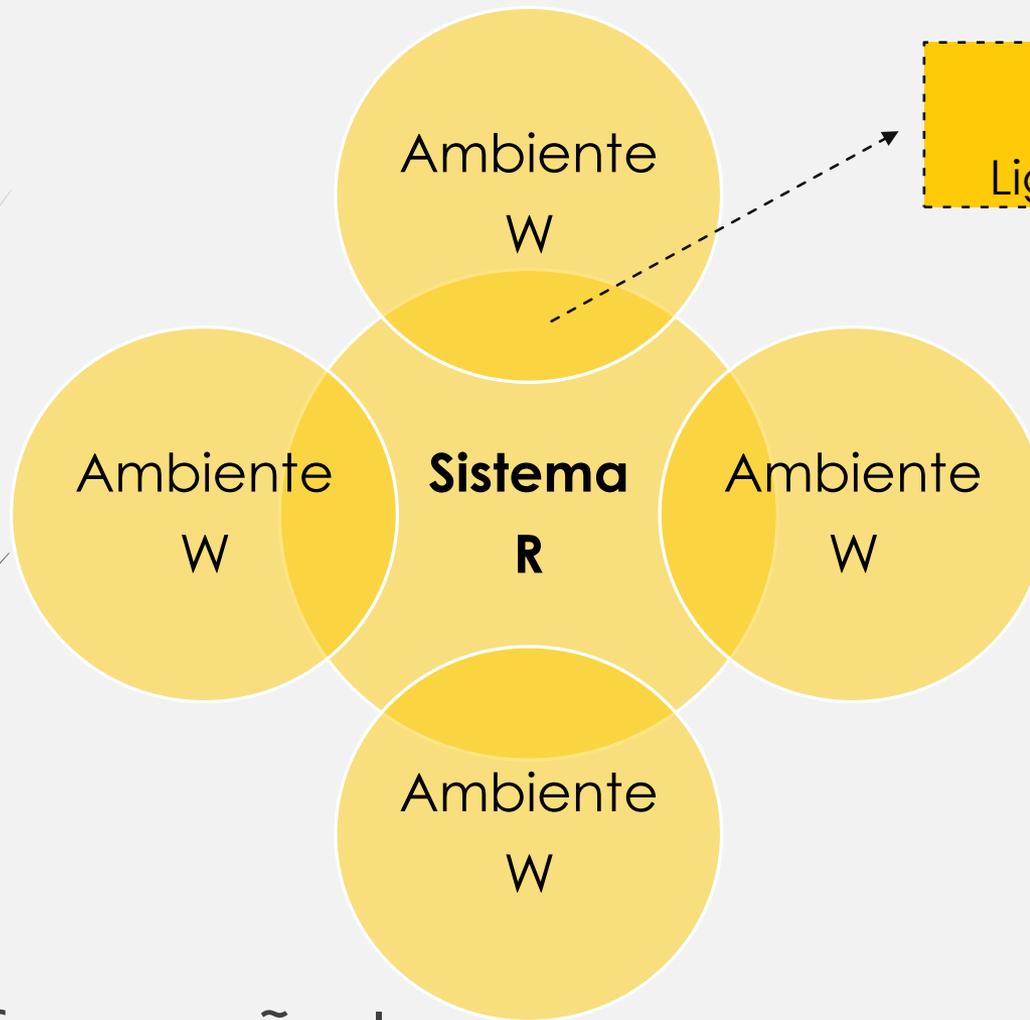


Teoria Geral da Informação:

um modelo multifacetado de informação

PRINCÍPIOS AXIOLÓGICOS BÁSICOS

- ▶ Explicam **como avaliar a informação** e quais medidas de informação são necessários
- ▶ AXIOMA:
 - ▶ *premissa considerada **necessariamente evidente e verdadeira**, fundamento de uma demonstração, porém **ela mesma indemonstrável**.*



Interface,
Ligação de R e W

- Informação I
- Fonte de Conhecimento C

Princípio Axiológico A1

► A MUDANÇA

► Uma medida de informação I para um sistema R é

► **a mudança que acontece em R**

► *É a medida da mudanças causada por I em R*

Princípio Axiológico A2

▶ O TEMPO

▶ Medida de informação temporal:

- ▶ **Potencial ou Perspectiva:** reflete as mudanças que podem ser causada por I em R.
- ▶ **Existencial ou Sincrônico:** reflete as mudanças que acontecem de I em R no tempo presente
- ▶ **Real ou Retrospectivo:** reflete as mudanças já causadas de I em R.

Princípio Axiológico A3

▶ NA ESTRUTURA

▶ Medidas de informação estrutural:

- ▶ Interna: refletem a extensão das mudanças **causadas no Sistema R**
- ▶ Intermediária: reflete a extensão das mudanças causadas **por nas ligações entre o sistema e o ambiente** (as ligações entre R e W)
- ▶ Externa: reflete a extensão das mudanças **causadas no ambiente W**

Princípio Axiológico A3

- ▶ Teoria Geral dos Sistemas: **QUALIDADE**
- ▶ É o conjunto de componentes cuja **interação** traz qualidades únicas – fruto dessa integração, que não existe apenas nos componentes.
- ▶ *Cada um dos elementos, ao serem reunidos para constituir uma unidade funcional maior, desenvolvem características que não se encontram em seus componentes isolados*

Princípio Axiológico A4

▶ CONSTRUTIVA

▶ Medidas de informação construtivas:

- ▶ **Experiencial:** obtida por meio de experimentação
- ▶ **Realista:** é determinada com base na realidade, como por exemplo, a qualidade da informação
- ▶ **Abstrato:** determinada teoricamente, em termos gerais, como a medida de um livro

- ▶ Uma **medida única de informação existe apenas para sistemas simplificado** demais.
- ▶ **Qualquer sistema complexo** R exige muitas medidas diferentes de informações...
 - ▶ ...a fim de refletir toda a variedade desse sistema, bem como das condições ambientais onde R está inserido.
- ▶ *O problema de encontrar um medida universal para a informação não é realista*

CONSEQUÊNCIAS DE A1 A A4

Princípio Axiológico A5

▶ INTERAÇÃO

- ▶ A informação I que é transmitida por uma fonte de conhecimento para um sistema R ...
- ▶ ... **depende da interação entre C e R .**

Princípio Axiológico A6

▶ PERCEPÇÃO SELETIVA

▶ Medida de transmissão de informações,

▶ que **reflete a quantidade de informação que é aceita pelo sistema R.**

▶ *O receptor não apreende todas as informações que são transmitidas por um emissor.*

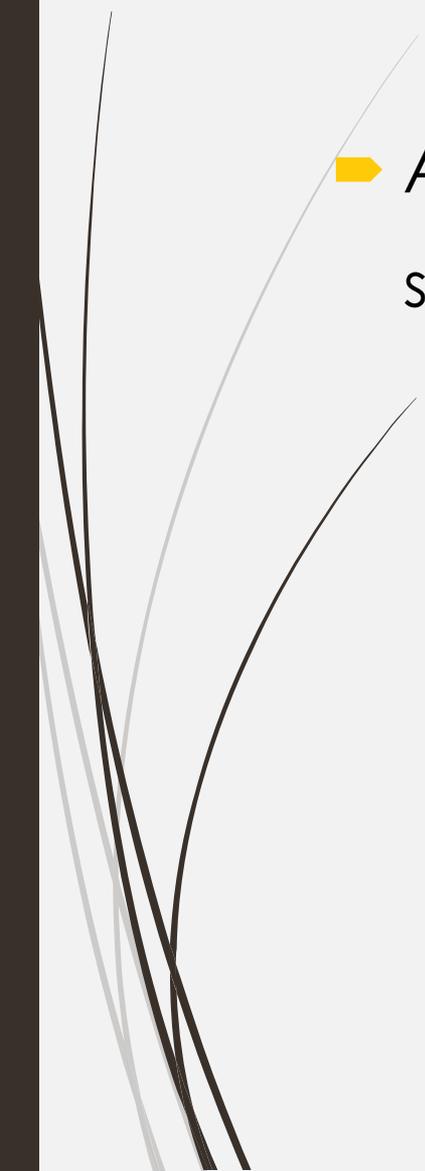
- 
- ▶ *Em quase todos os processos de transmissão de informações as características do receptor “interferem” no processo de compreensão.*
 - ▶ *As pessoas tornam as coisas significativas para si mesmas, encaixando-as em seus preconceitos. [...] O termo padrão para este processo é a percepção seletiva.*
 - ▶ *Vemos o que desejamos ver e distorcemos as mensagens para se adequar a nós mesmos. Tudo isso é demonstrado explicitamente no conhecido “Estudos do Sr. Biggott”.*



Medidas de Entropia da Informação

Entropia

- ▶ Na termodinâmica, **é a medida do grau de irreversibilidade de um determinado sistema**. Os processos ocorrem numa certa direção mas não podem ocorrer na direção oposta. É o sentido espontâneo dos processos.
- ▶ A Segunda Lei da Termodinâmica: **Princípio da Degradação da Energia**: a tendência dos sistemas de perderem sua energia, sua vitalidade e dissolver-se no caos, ao longo do tempo
- ▶ Mede o grau de desorganização de um sistema
- ▶ Então, quanto menor a chance do sistema voltar ao seu estado original, maior será o grau de entropia.

- 
- 
- ▶ Associada ao grau de desordem de um sistema.
 - ▶ *“Um sistema tende a se esgotar, isto é, a tendência das estruturas diferenciadas é moverem-se para a dissolução, à medida que os elementos que as compõem se acomodam em desordem aleatória”*



▶ Ocorre por causa da degradação da energia, porque...

▶ **..., os sistemas ao passarem**

▶ **de um estado para outro,**

▶ **necessariamente consomem energia.**

Entropia da Informação

- ▶ É a medida da desordem, confusão e complexidade presente em uma estrutura informacional.
- ▶ É definida como a **incerteza a respeito da informação presente e que flui em um sistema.**

Entropia da Informação

- ▶ Boltzmann Entropy (1866)
- ▶ Gibbs Entropy (Gibbs, 1906)
- ▶ **Teoria de Shannon e Weaver (1948,1949)**
Antes e Depois...
- ▶ Tsallis Entropy (1988)
- ▶ Rényi Entropy (1961)

- 
- ▶ **FUNÇÃO DE NYQUIST (1924):** provavelmente foi **a primeira a expressar a quantidade de informação** que poderia ser transmitida em determinada velocidade em um sistema telegráfico.
 - ▶ **INFORMAÇÕES DE FISHER (1925):** a **quantidade de informação que uma variável aleatória observável carrega** sobre um parâmetro desconhecido θ com uma probabilidade de X
 - ▶ **FUNÇÃO HARTLEY (1928):** Quantidade de informação que obtemos **quando selecionamos um elemento de um conjunto finito.**
 - ▶ **COMPLEXIDADE DE KOLMOGOROV (1965):** A Teoria Algorítmica da Informação ganhou rápida aceitação como uma teoria fundamental da informação. Alguns a consideram mais fundamental do que a de Shannon. **Destaca-se como uma das contribuições mais fundamentais para a teoria da informação no século XX e é claramente relevante para uma série de questões filosóficas, como o problema da indução.**



Teoria Matemática da Comunicação

Claude Elwood Shannon, 1948

Claude Elwood Shannon; Warren Weaver, 1949



Busca encontrar os limites fundamentais no processamento de sinais e operações de comunicação.

- ▶ Teoria Clássica da Informação
- ▶ Teoria Matemática da Informação
- ▶ Teoria Clássica da Informação
- ▶ Teoria da Comunicação
- ▶ Teoria da (transmissão de) Informação
- ▶ Teoria de Shannon e Weaver

Mensagem

- ▶ Cada **mensagem está associada uma certa quantidade de informação.**
- ▶ *O processo de comunicação consiste em estabelecer o fluxo de informações entre fonte e destinatário, o que é feito através da transmissão dos símbolos que compõem a mensagem.*



Excluiu
de sua
investigação
a questão do
significado
de uma
mensagem:

- ▶ *Frequentemente, as mensagens têm significado [...] Esses aspectos semânticos da comunicação são irrelevantes para o problema de engenharia. **O aspecto significativo é que a mensagem real é aquela selecionada de um conjunto de mensagens possíveis.** O sistema deve ser projetado para operar para cada seleção possível, não apenas para uma que será realmente escolhido [...]*

- 
- ▶ **TMC não está interessada** no significado, relevância, confiabilidade, utilidade ou interpretação da informação...
 - ▶ ... mas apenas nos dados não interpretados.

A Teoria

- ▶ Tem sua origem no campo da engenharia elétrica, no estudo dos limites da comunicação.
- ▶ Ele desenvolve uma abordagem quantitativa da informação como meio de responder a dois problemas fundamentais:
 - ▶ a compressão de dados (**quão pequena pode ser uma mensagem, dada a mesma quantidade de informação a ser codificada**)
 - ▶ a taxa final de transmissão de dados (**como os dados podem ser transmitidos rapidamente através de um canal**).
- ▶ **As duas soluções são entendidas no contexto da entropia da informação**

Teorema Fundamental

- ▶ *Dada uma fonte de informação e um canal de comunicação,*
- ▶ *existe uma técnica de codificação tal que a informação pode ser transmitida por meio do canal*
- ▶ *[...] com uma frequência de erros arbitrariamente pequena apesar da presença do ruído.*

Mas não
podemos
esquecer a
definição de
Shannon para
informação

- ▶ Recebemos informação quando o que conhecemos se modifica.
- ▶ **Uma mensagem terá mais valor quanto maior for o número de modificações que pode provocar**



▶ É considerada a

▶ **Carta Magna da Era da Informação**

- 
- ▶ A Teoria observa:
 - ▶ Conteúdo: o que é transportado
 - ▶ Forma: como é transportado
 - ▶ Transmissão: o transporte
 - ▶ *é uma teoria de transmissão*

- 
- ▶ Claude Shannon Google Doodle. 100th Birthday of "The Father of Information Theory"
<<https://youtu.be/7fKXfwOu0Dw>>
 - ▶ AT&T Tech Icons: Claude Shannon
<<https://youtu.be/z7bVw7IMtUg>>
 - ▶ Claude Shannon: FATHER OF THE INFORMATION AGE
<https://youtu.be/z2Whj_nL-x8>

- ▶ Teoria da Informação Semântica (1958)
- ▶ Teoria Quantitativa de Informação Qualitativa (1969)
- ▶ Modelo de Yovits (1969)
- ▶ Abordagem Semiótico-Cibernética (1972)
- ▶ Teoria da Informação Pragmática (1975)
- ▶ Teoria da Naturalização da Informação (1981)

**Algumas
Teorias
Qualitativas
da Informação**



Teoria da
Informação Semântica

1958

- 
- ▶ Teoria Fraca da Informação Semântica
 - ▶ Teoria Clássica da Informação Semântica
 - ▶ Bar-Hillel foi pioneiro na:
 - ▶ computação linguística
 - ▶ tradução automática
 - ▶ recuperação de informação

Yehoshua Bar-Hillel

Rudolf Carnap, 1958

- ▶ Surge para cobrir o espaço da TMC, considerando que o **significado é a essência da informação**.
- ▶ Tem como referência a TMC, considerando que a ausência de significado naquela Teoria
 - ▶ nem sempre é respeitada na prática e que às vezes conclusões semanticamente importantes são tiradas de suposições oficialmente sem semântica.

- 
- ▶ A quantidade de informações semânticas transportada por uma sentença verdadeira deve ser zero:
 - ▶ A sentença “ $17 \times 19 = 323$ ” é zero.
 - ▶ A informação semântica, também referida como *conteúdo*, é tida como o conjunto de mundos possíveis excluídos da sentença.



→ Conteúdo =

Informação Semântica =

Mundos Excluídos pela Sentença

→ Intenção =

Proposição =

Mundos Incluídos pela Sentença



Teoria Quantitativa de Informação Qualitativa

1969

Donald M. Mackay, 1969

- ▶ Algumas iniciativas alternativas ao TMC para incluir a dimensão semântica.
- ▶ A informação está ligada ao aumento no conhecimento do lado do receptor:
 - ▶ *“Suponha que comecemos perguntando a nós mesmos o que queremos dizer com informação. Grosso modo, dizemos que **ganhamos informações quando sabemos algo agora que não sabíamos antes; quando ‘o que sabemos’ mudou.**”*



Modelo de Yovits

1969

Yovits (1969)

- ▶ Modelo de que mediu informação não só em termos de quantidade,
- ▶ mas também de qualidade
- ▶ para efeitos de tomada de decisão.



Abordagem Semiótico-Cibernética

1972

Doede Nauta, 1972

- ▶ A informação é considerada como
 - ▶ uma propriedade peculiar dos seres vivos
 - ▶ e de dispositivos cibernéticos,
 - ▶ ou como uma
 - ▶ **propriedade universal de toda matéria.**

- 
- ▶ Para medir a quantidade de informação, a abordagem probabilística, dinâmica, combinatória, algorítmica, topológica, e outras, são usadas.
 - ▶ ***Entretanto, no que diz respeito à avaliação do conteúdo ou do valor da informação, até agora nenhum critério confiável foi desenvolvido.***



- ▶ Observação

- ▶ *Para uma definição de “informação” [...] a imagem com que nos deparamos tem quase a mesma diversidade:*

- ▶ *“documentos”, “textos”, “dados”, “fatos”, “conhecimento”, “informação científica”, “informação científica e técnica”, “investigação científica, técnica e econômica”, e “informações especializadas” – e isto está longe de ser uma lista completa...*



Teoria da
Informação Pragmática

1975

Ernst Ulrich Weizsäcker, 1974

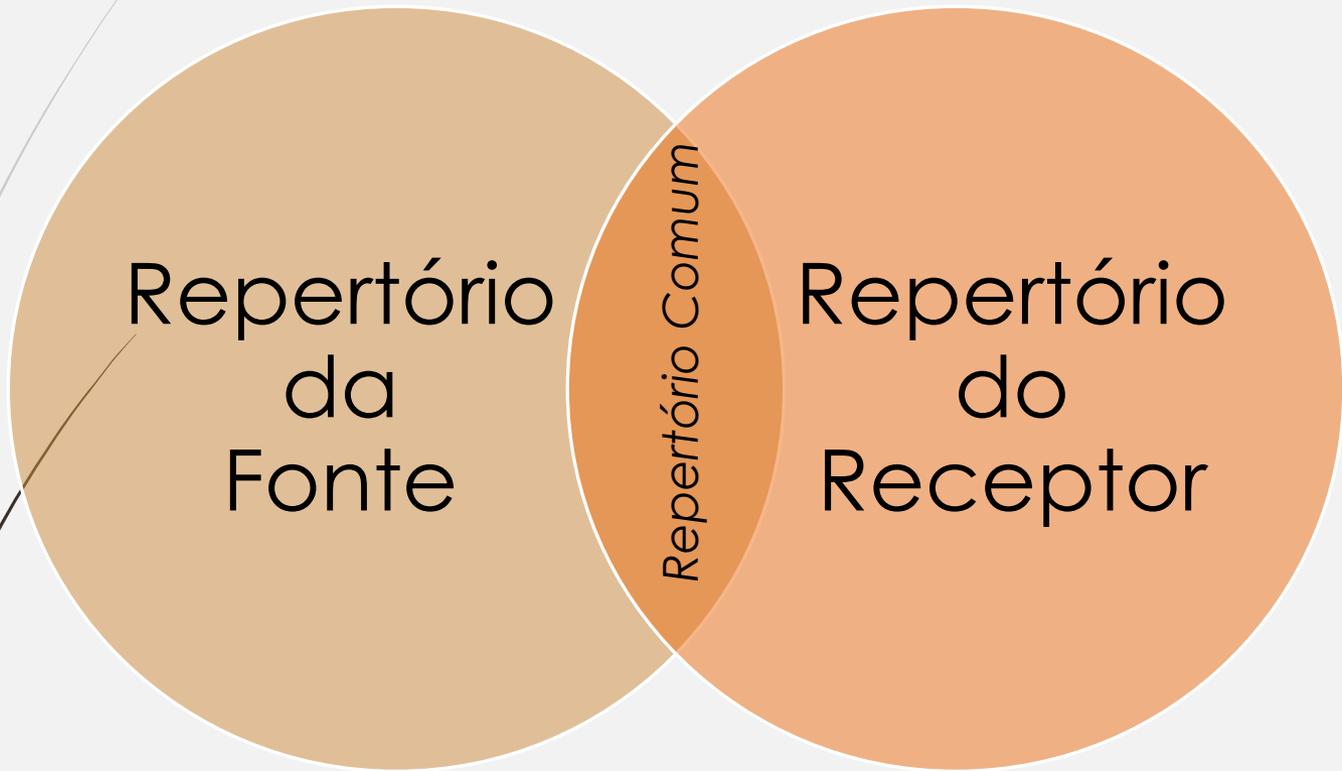
- ▶ VON WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich. Erstmaligkeit und bestatigung als komponenten der pragmatischeninformações. IN: VON WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich (Ed.) **Offene systeme I**: beitrage zur zeitstruktur von information, entropie und Evolution. Stuttgart: Klett, 1974. p. 82-113.
- ▶ Posteriormente desenvolvido por
 - ▶ VON LUCADOU, W. The Model of Pragmatic Information. Proceedings of the 30th Parapsychological Association Convention, 1987, 236-254.
 - ▶ KORNWACHS, K. Pragmatic Information and the Generation of Knowledge. In Interdisciplinary Approaches to a New Understanding of Cognition and Consciousness. Ulm: Universitätsverlag, 1996, 33-74.
 - ▶ WEINBERGER, E.D. A Theory of Pragmatic Information and Your Application to the Quasispecies Model of Biological Evolution, 2001.

- 
- ▶ Está baseado nos conceitos de originalidade e previsibilidade:
 - ▶ Uma mensagem que acrescenta nada além de confirmar o conhecimento prévio de um receptor, ***não mudará sua estrutura ou comportamento.***
 - ▶ Assim como uma mensagem totalmente original (nova), igualmente ***não mudará sua estrutura ou comportamento.***

Repertório

- ▶ Para que se estabeleça o fluxo da comunicação, para que a mensagem seja significativa para o receptor...
- ▶ é necessário que haja uma intersecção entre os repertórios da Fonte e do Receptor.
 - ▶ Isso é,

- 
- ▶ Uma mensagem é elaborada pelo emissor com elementos extraídos de um determinado repertório e ...
 - ▶ será decodificada por um receptor que...
 - ▶ utilizará elementos extraídos de um outro repertório.



Repertório
da
Fonte

Repertório Comum

Repertório
do
Receptor



Repertório

- ▶ Se ambos os repertórios forem absolutamente idênticos, ou absolutamente distintos aquilo que chega ao receptor não altera o comportamento.
- ▶ Casos de repertórios tangentes, o receptor verá a mensagem como algo intrigante, portanto algo a desvendar.

Repertório

- ▶ Quanto maior a taxa de novidade de uma mensagem maior o seu valor informativo, sendo maior a mudança de comportamento provocada
- ▶ **+ originalidade = - previsibilidade = + informação**
- ▶ **+ previsibilidade = - originalidade = - informação**

Repertório

- ▶ Total previsibilidade (originalidade mínima) = nenhuma informação
- ▶ Imprevisibilidade total (originalidade máxima) = nenhuma informação
- ▶ O valor da informação comunicada está na **possibilidade de desencadear processos de modificações significativas nos repertórios**, nos acervos dos conhecimentos estabelecidos.



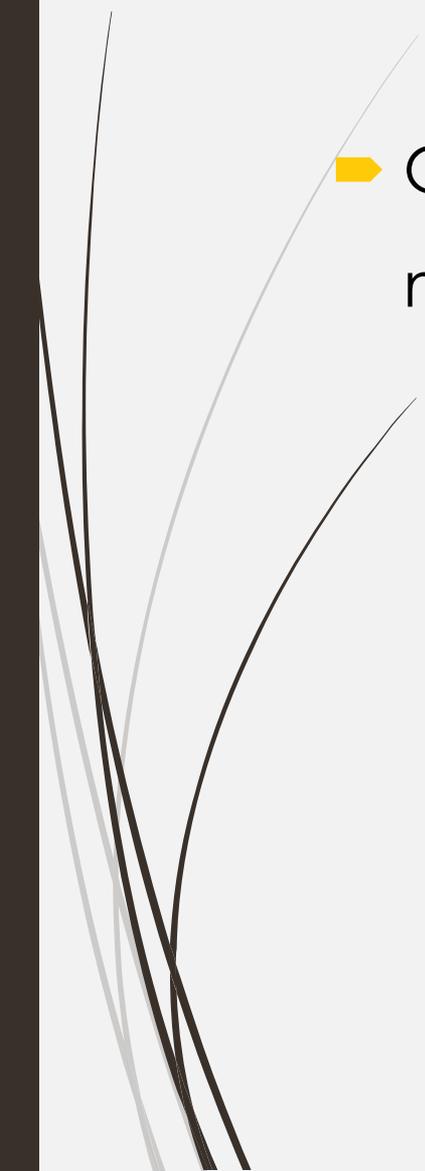
▶ A Teoria Informação Pragmática

▶ trouxe uma nova concepção

▶ **que valoriza o espaço da criação,
da inovação**



Informação e Originalidade

- ▶ Quanto maior a taxa de novidade de uma mensagem
 - ▶ Maior o seu valor informativo,
 - ▶ sendo maior a mudança de comportamento provocada
- 



Teorias da
Naturalização da Informação

1981, 1997



Fred I. Dretske, 1981

Jon Barwise ; Jerry Seligman, 1997

- ▶ Procuram conectar o entendimento de informação a formas mais complexas de fenômenos epistêmicos, mentais e doxásticos.
- ▶ Por exemplo, tentam fundamentar a informação semântica, no contexto ambiental.
- ▶ A abordagem também é conhecida como naturalização da informação.



Referências

- ▶ BURGÍN, M. Information theory: a multifaceted model of information. **Entropy**, v. 5, n. 2, p. 146-160, 2003.

Algumas Referências Históricas Citadas

- ▶ Bar-Hillel, Y. e Carnap, R. Semantic Information, British J. of Philosophical Sciences 1958 ,4 (3) , 147-157.
- ▶ Barwise, J. and Seligman, J., 1997, Information Flow: The Logic of Distributed Systems, Cambridge: Cambridge University Press.
- ▶ Dretske, F. I., 1981, Knowledge and the Flow of Information, Oxford: Blackwell; reprinted, Stanford, CA: CSLI Publications, 1999.
- ▶ Fisher, R. A., 1925, "Theory of Statistical Estimation", Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 22(05): 700–725.
- ▶ Hartley, R.V.L., 1928, "Transmission of Information", Bell System Technical Journal, 7(3): 535–563.
- ▶ Kolmogorov, A.N., 1965, "Three Approaches to the Quantitative Definition of Information", Problems of Information Transmission, 1(1): 1–7. Reprinted 1968 in International Journal of Computer Mathematics, 2(1–4): 157–168.
- ▶ NAUTA, Doede. The Meaning of Information. The Hague: Mouton, 1972.
- ▶ Nyquist, H., 1924, "Certain Factors Affecting Telegraph Speed", Bell System Technical Journal, 3(2): 324–346.