

1. Teoria da informação

Hélio Magalhães de Oliveira

O problema essencial das comunicações é "reproduzir, seja exatamente ou aproximadamente, uma mensagem enviada de um ponto a outro". As mensagens transmitidas transportam um certo conteúdo de informação. Uma medida quantitativa de informação aparece como uma condição preliminar para elaborar uma teoria, em concordância com o pensamento de Lord Kelvin.

As primeiras idéias conceituais sobre informação remontam a um passado distante. Os fundamentos da transmissão de informação podem ser encontrados nos trabalhos pioneiros de Nyquist (1924) e Hartley (1928). Porém, muitas das idéias só foram compreendidas em 1948 quando Claude Elwood Shannon estabeleceu a teoria em bases firmes. Este marco criava a moderna teoria das comunicações e a teoria da informação. Essa teoria não trata com o significado da informação, mas somente com quantidades de informação.

Como medir a quantidade de informação associada a uma mensagem? O seguinte comentário pode auxiliar nossa compreensão: "a transmissão de uma mensagem perfeitamente conhecida *a priori* pelo destinatário é completamente inútil". Não há necessidade de transmissor e receptor: mesmo desligando-os, sabe-se tudo a respeito da mensagem e o processo de *transmissão* de informação é irrelevante. Isso conduz naturalmente a: 1) tratar uma fonte de informação como uma série de eventos aleatórios que constituem a mensagem emitida, e 2) definir a quantidade de informação associada a essa mensagem como uma medida da sua imprevisibilidade.

Intuitivamente, uma mensagem do tipo $E = \{\text{o Sol nascerá amanhã}\}$ carrega um conteúdo de informação muito pequeno. Por outro lado, um evento como $E = \{\text{Haverá um tremor de terra amanhã}\}$ carrega um maior conteúdo de informação. Imagine-se ouvindo uma sinfonia pela primeira vez. A quantidade de informação transmitida é grande. Porém, ao ouvi-la reiteradas vezes, a quantidade de informação transmitida em cada audição torna-se cada vez menor. No limite, ao conhecê-la completamente (a ponto de prever deterministicamente os próximos acordes), nenhuma informação é transmitida. Esse conceito nada tem a ver com a qualidade da melodia, se ela é ou não agradável ao ouvinte etc. O mesmo ocorre com um filme assistido muitas vezes: cada sessão repetida proporciona menos informação adicional ao já conhecido, pois as cenas e os detalhes tornam-se cada vez mais previsíveis.

As palavras "incerteza", "surpresa" e "informação" estão relacionadas. Antes de um evento, há uma certa quantidade de incerteza e, depois dele, há um ganho de uma quantidade de informação. A definição de informação proposta por Shannon é:

A quantidade de informação associada a um evento (mensagem) E , denotada $I(E)$, é expressa pelo logaritmo da probabilidade de ocorrência do evento, i.e., $I(E) = -\log P(E)$.

A unidade básica de medida de informação, quando o logaritmo é tomado na base 2, foi denotada unidade binária de informação (*binary unit*) ou bit. Deve-se evitar uma possível confusão da unidade binária de informação (bit) com dígito binário (*binary digit*). Com um alfabeto binário, tal como usado nos computadores, transmissões de dados, telefonia, os bits podem transportar diferentes quantidades de informação. Se os bits 0 e 1 são equiprováveis, $P(0) = P(1) = 1/2$, então cada símbolo binário transporta 1 bit de informação.

Esta definição de engenharia é baseada em probabilidades e não no significado dos símbolos ao receptor humano. Ela, entretanto, captura parcialmente a riqueza da noção usual de informação. A fim de entender como a

informação de Shannon difere um pouco do "bom senso", considere a seguinte questão: "Qual é o livro que contém maior quantidade de informação?" Naturalmente, supõe-se aqui ter padronizado questões relativas ao tamanho da página, número de páginas, alfabeto usado, número de fontes e tamanho de fontes etc. Uma vez procedendo assim, a resposta é clara: "O livro com maior informação é aquele digitado de forma completamente aleatória e uniforme!"

O processo de transmissão de informação envolve *uma fonte* (que produz informações), *um canal* de comunicação e *um destinatário* (que recebe informações). O canal é simplesmente um meio que permite aos interlocutores trocar informações, transmitindo e recebendo sinais. A teoria da informação lida fundamentalmente com três aspectos relativos à transmissão e armazenamento da informação: a medida de informação, a codificação de fontes e a codificação de canal.

A fim de introduzir as idéias da codificação, imagine que um casal entabula uma conversa numa sala barulhenta. Há, ocasionalmente, a possibilidade de uma palavra (ou frase) ser perdida ou mal entendida. O sentido da conversa normalmente não é perdido. A razão para tal fato é que a linguagem é inerentemente redundante e esta redundância permite às pessoas "interligarem" os trechos entre espaços perdidos da conversa. Qual a mínima quantidade de informação necessária para representar uma mensagem? Como se mede a taxa de informação de uma fonte? Como eliminar redundância? Esses aspectos relativos à compressão de informação são abordados na teoria, incluindo a compactação de dados comumente adotada em microcomputadores, fac-símiles, modems etc.

Retomemos o problema da comunicação do casal na sala ruidosa. Se o ruído se torna maior, faz-se necessário introduzir redundância adicional na conversa, por exemplo, pela repetição da frase várias vezes. A introdução de redundância torna a comunicação mais confiável. Esse é um exemplo de codificação de canal, para proteger a informação e conferir qualidade à transmissão. Esse mecanismo é largamente adotado hoje, em particular nos CDs e em todos os sistemas digitais. O ruído não torna pouco confiável a informação recebida: Shannon demonstrou que a confiabilidade pode ser tão boa quanto se deseje, provido que a quantidade de informação não ultrapasse um limite chamado de capacidade do canal. A teoria da informação trata também da medida da capacidade de canais.

Hélio Magalhães de Oliveira é mestre em engenharia elétrica, na área de telecomunicações, e doutor pela Escola Nacional Superior de Telecomunicações (ENST), Paris, 1992. Professor-adjunto do Departamento de Eletrônica e Sistemas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).