

Pensamento Computacional

JEANNETTE M. WING

Jeannette Wing é vice-presidente executiva de pesquisa e professora de Ciência da Computação da Universidade Columbia e grande impulsionadora da aplicação de técnicas de algoritmia, de resolução de problemas e de abstração usadas não só por cientistas da computação, mas também alargadas a outras disciplinas e áreas do saber. A escolha deste texto deveu-se a ter sido a partir da sua publicação que o Pensamento Computacional foi considerado como podendo ser usado por todos os cidadãos, incluindo crianças e jovens em idade escolar que, assim, ganhariam conhecimentos e desenvolveriam capacidades anteriormente destinadas apenas aos cientistas da computação.

O texto original foi publicado em *Communications of the ACM*, vol. 49, nº. 3, March 2006, pp. 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>¹

Representa uma atitude universalmente aplicável e um conjunto de capacidades que todos, não apenas cientistas informáticos, estariam ansiosos para aprender e usar.

O pensamento computacional baseia-se no poder e limites dos processos de computação, quer sejam executados por um humano ou por uma máquina. Métodos e modelos computacionais dão-nos a coragem para resolver problemas e conceber sistemas que nenhum de nós seria capaz de resolver sozinho. O pensamento computacional confronta o enigma da inteligência da máquina: O que pode o ser humano fazer melhor do que os computadores? e O que é que os computadores podem fazer melhor do que os humanos? Mais fundamentalmente aborda a questão: O que é computável? Presentemente, conhecemos apenas partes das respostas a tais perguntas.

O pensamento computacional é uma capacidade fundamental para qualquer um, e não apenas para os cientistas informáticos. À leitura, à escrita e à aritmética, devemos acrescentar o pensamento computacional à competência analítica de cada criança. Tal como a imprensa escrita facilitou a divulgação dos três Rs², o que é apropriadamente incestuoso nesta visão é que a informática e os computadores facilitam a disseminação do pensamento computacional.

O pensamento computacional envolve a resolução de problemas, a conceção de sistemas e a compreensão do comportamento humano, tirando partido dos conceitos que são fundamentais para a ciência informática. O pensamento computacional inclui um leque de ferramentas mentais que reflete a amplitude do ramo das ciências informáticas.

Ao ter de resolver um problema específico, podemos ainda perguntar: Quão difícil é de resolver? e Qual é o melhor forma de o resolver? A ciência informática assenta em bases teóricas sólidas para responder precisamente a tais questões. Para determinar a dificuldade de um problema devemos levar em conta o poder subjacente da máquina - o dispositivo informático que irá executar a solução. Temos de considerar o conjunto de instruções da máquina, as restrições dos seus recursos, e o seu ambiente operativo.

Ao resolver eficientemente um problema, podemos perguntar ainda se uma solução aproximada é suficientemente boa, se podemos usar a aleatorização como vantagem, e se são permitidos falsos positivos ou falsos negativos. O pensamento computacional é reformular um problema aparentemente difícil num que nós consigamos resolver, talvez por redução, incorporação, transformação ou simulação.

Pensamento computacional é pensar de forma recursiva. É processamento paralelo. É interpretar o código como dados e os dados como código. É a verificação como generalização da análise dimensional. É reconhecer tanto as virtudes como os perigos de renomear identidades, ou de atribuir a alguém ou alguma coisa mais do que um nome. É reconhecer tanto o custo como o poder do endereçamento indireto e chamada de procedimento. É julgar um programa não só pela correção e eficiência, mas também pela estética e o design de sistema pela sua simplicidade e elegância.

O pensamento computacional é usar a abstração e a decomposição ao abordar uma grande tarefa complexa ou ao conceber um sistema complexo de grandes dimensões.

¹Direitos de tradução e reprodução concedidos por Jeannette M. Wing e pela *Association for Computing Machinery*. Em 2006, Jeannette M. Wing era professora de Ciência da Computação e Presidente do Departamento de Ciência da Computação na Universidade de Carnegie Mellon, Pittsburgh, PA.

²ler, escrever e contar, em inglês reading, writing and arithmetic

É a separação de dúvidas. É escolher uma representação apropriada para um problema ou modelar os aspetos relevantes de um problema para o tornar fácil. É utilizar invariantes para descrever o comportamento de um sistema de forma sucinta e declarativa. É ter a confiança de que podemos utilizar, modificar e influenciar com segurança um sistema enorme e complexo sem compreender todos os seus pormenores. É modular algo em antecipação de múltiplos utilizadores ou ir buscar previamente e guardar em antecipação para utilização futura.

O pensamento computacional é pensar em termos de prevenção, proteção e recuperação dos piores cenários através de redundância, contenção de danos e correção de erros. É chamar interfaces de impasse e de contratos. É aprender a evitar condições de corrida em situações de sincronização.

Pensamento computacional é usar o raciocínio heurístico para descobrir uma solução. É planejar, aprender e agendar na presença de incertezas. É pesquisa, pesquisa e mais pesquisa, que resulta numa lista de páginas Web, uma estratégia para ganhar um jogo, ou um contraexemplo. Pensamento computacional é utilizar quantidades enormes de dados para acelerar a computação. É fazer compromissos entre o tempo e o espaço e entre o poder de processamento e a capacidade de armazenamento.

Considere-se estes exemplos diários: Quando a sua filha vai para a escola de manhã, ela coloca na mochila as coisas de que precisa para aquele dia; isto é ir buscar e guardar. Quando o seu filho perde as suas luvas, você sugere que ele refaça os seus passos; isto é retroceder. Em que altura é que deixa de alugar esquis e compra um par?; isto são algoritmos *online*. Que fila do supermercado você escolhe?; isto é modelação de desempenho para sistemas multi-servidores. Porque é que o seu telefone continua a funcionar durante uma falha de energia?; isto é independência de falhas e redundância de design. Como é que os Testes Públicos de Turing Completamente Automatizados para Diferenciação entre Computadores e Humanos ou os CAPTCHAs autenticam humanos?; isto é explorar a dificuldade em resolver problemas difíceis de IA para deitar abaixo os agentes informáticos.

O pensamento computacional ter-se-á enraizado na vida de todos nós quando palavras como algoritmo e pré-condição fizerem parte do vocabulário de todos; quando o não-determinismo e a recolha do lixo assumirem os significados utilizados pelos cientistas informáticos; e quando as árvores forem desenhadas de cabeça para baixo.

Pensar como um cientista informático significa mais do que ser capaz de programar um computador. Requer reflexão em múltiplos níveis de abstração.

Testemunhámos a influência do pensamento computacional noutras disciplinas. Por exemplo, o estudo das máquinas transformou as estatísticas. O estudo estatístico está a ser utilizado para problemas numa escala, tanto em termos de

tamanho como de dimensão dos dados, inimagináveis apenas há alguns anos. Os departamentos de estatística em todos os tipos de organizações estão a contratar cientistas informáticos. As escolas de ciência informática estão a abarcar departamentos estatísticos existentes ou a criar novos departamentos estatísticos.

O interesse recente dos cientistas informáticos em biologia é movido pela sua crença de que os biólogos podem beneficiar do pensamento computacional. A contribuição da ciência da computação para a biologia vai para além da capacidade de pesquisa de vastas quantidades de dados sequenciais à procura de padrões. A esperança é que as estruturas de dados e algoritmos - as nossas abstrações computacionais e métodos - possam representar a estrutura das proteínas de forma a elucidar sobre a sua função. A biologia computacional está a mudar a forma como os biólogos pensam. Do mesmo modo, a teoria do jogo computacional está a mudar a forma de pensar dos economistas; nano computação, a forma de pensar dos químicos; e computação quântica, a forma de pensar dos físicos.

Este modo de pensar fará parte do conjunto de competências não só de outros cientistas, mas de todas as outras pessoas. A computação ubíqua está para o hoje tal como o pensamento computacional está para o amanhã. A computação ubíqua foi o sonho de ontem que se tornou na realidade de hoje; o pensamento computacional é a realidade de amanhã.

O QUE É, E O QUE NÃO É

A ciência informática é o estudo da computação - o que pode ser processado e como processá-lo.

O pensamento computacional tem, assim, as seguintes características:

- *Conceptualizar, não programar.* A informática não é programação de computadores. Pensar como um cientista informático significa mais do que ser capaz de programar um computador. Requer reflexão em múltiplos níveis de abstração;
- *Competência fundamental, e não mecanização.* Uma competência fundamental é algo que todo o ser humano deve ter para funcionar na sociedade moderna. Mecanização significa rotina mecanizada. Ironicamente, só depois de a ciência informática resolver o Grande Desafio da IA de pôr os computadores a pensar como os humanos é que o pensamento será mecanizado;
- *Um modo como os humanos pensam, não os computadores.* O pensamento computacional é o modo como os humanos

resolvem problemas; não é tentar levar os humanos a pensar como os computadores. Os computadores são monótonos e aborrecidos; os seres humanos são espertos e imaginativos.

Nós, humanos, tornamos os computadores empolgantes. Equipados com dispositivos informáticos, usamos a nossa inteligência para resolver problemas que não ousaríamos antes da era da informática e construímos sistemas com funcionalidades limitadas apenas pela nossa imaginação;

- *Complementa e combina o pensamento matemático e de engenharia.* A informática recorre inerentemente ao pensamento matemático, dado que, tal como todas as ciências, os seus fundamentos assentam na matemática. A ciência informática recorre intrinsecamente ao pensamento da engenharia, dado que construímos sistemas que interagem com o mundo real. Os constrangimentos do dispositivo informático subjacente obrigam os cientistas informáticos a pensar computacionalmente, e não apenas matematicamente. Ser livre para construir mundos virtuais permite-nos conceber sistemas para além do mundo físico;
- *Ideias, não artefactos.* Não se trata apenas do *software* e dos artefactos de *hardware* que produzimos que estarão fisicamente presentes em todo o lado e tocarão as nossas vidas o tempo inteiro, serão os conceitos computacionais que usamos para abordar e resolver problemas, gerir a nossa vida quotidiana, e comunicar e interagir com outras pessoas; e
- *Para todos, em todo o lado.* O pensamento computacional será uma realidade quando for tão indissociável das iniciativas do ser humano que desaparecerá como uma filosofia explícita.

Muitas pessoas equiparam a ciência informática à programação de computadores. Alguns pais veem apenas uma estreita área de oportunidades de emprego para os seus filhos que se licenciam em ciências informáticas. Muitas pessoas pensam que a investigação fundamental em informática já está feita e que só a engenharia permanece. O pensamento computacional é uma visão ampla para guiar os formadores de ciências informáticas, investigadores e profissionais à medida que agimos para mudar a imagem que a sociedade tem deste ramo. Precisamos especialmente de chegar ao público pré-universitário, incluindo professores, pais e alunos, enviando-lhes duas mensagens principais:

- *Os problemas científicos intelectualmente desafiantes e motivantes continuam por compreender e resolver.* O domínio do problema e o domínio da solução são limitados apenas pela nossa própria curiosidade e criatividade; e
- *Pode especializar-se em informática e fazer qualquer coisa.* Pode especializar-se em inglês ou matemática e prosseguir uma multiplicidade de carreiras diferentes. O mesmo acontece com as ciências informáticas. Pode especializar-se em ciências informáticas e seguir uma carreira em medicina, em direito, nos negócios, na política, qualquer tipo de ciência ou engenharia, e até mesmo nas artes.

Os professores universitários de informática deviam lecionar um curso chamado “Modos de Pensar como um Cientista

Informático” para caloiros universitários, tornando-o disponível não só para as licenciaturas em ciências informáticas como para os não-licenciados. Devíamos expor os estudantes pré-universitários aos métodos e modelos informáticos. Em vez de lamentarmos o declínio no interesse pelas ciências informáticas ou o declínio no financiamento para a investigação no domínio da ciência informática, devíamos procurar inspirar o interesse do público na aventura intelectual deste ramo. Assim espalharemos a alegria, o deslumbramento e o poder das ciências informáticas, com o objetivo de tornar o pensamento computacional num lugar comum.

JEANNETTE M. WING (wing@columbia.edu)
EXECUTIVE VICE PRESIDENT FOR RESEARCH
PROFESSOR OF COMPUTER SCIENCE
COLUMBIA UNIVERSITY

TRADUÇÃO DE ANA FIGUEIREDO
PROFESSORA DE INGLÊS E ALEMÃO NA ESCOLA SECUNDÁRIA DU BOCAGE
REVISÃO DE MIGUEL FIGUEIREDO
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE SETÚBAL

PUBLICIDADE APM

ProfMat e SIEM 2022



Reserve já as datas do **ProfMat de 2022**, a realizar-se em Setúbal: 7, 8 e 9 de julho.

Como é habitual, o **SIEM (Seminário de Investigação em Educação Matemática)** realizar-se-á junto ao ProfMat em data a confirmar.