

MATEMÁTICA "escondida" na ARTE

Pesquisadores de universidades europeias usam técnica para transformar elementos de pinturas abstratas em dados comparáveis e detectam padrões "secrets" que influenciam como o cérebro percebe e responde a uma imagem

» PALOMA OLIVETO

Pintores, filósofos e apreciadores tentam, há séculos, responder a uma pergunta aparentemente simples: por que algumas obras são mais atraentes do que outras? O questionamento é especialmente inquietante quando se pensa em telas muito subjetivas, como as abstratas. Um estudo da Universidade de Varsóvia, na Polônia, e da Universidade de Hertfordshire, no Reino Unido, sustenta que a resposta pode estar, ao menos em parte, na matemática.

Em um artigo publicado na revista *Plos Computational Biology*, os autores relatam a identificação de um padrão estrutural compartilhado por artistas renomados, mas ausente em telas criadas por inteligência artificial (IA). A descoberta sugere princípios matemáticos ocultos que influenciam como o cérebro humano percebe e interpreta imagens.

Os pesquisadores Jacek Rogala, da Polônia, e Shabnam Kadir, do Reino Unido, utilizaram uma ferramenta matemática conhecida como homologia persistente, método capaz de identificar padrões estruturais invisíveis ao olhar humano. Em vez de analisar o significado ou o conteúdo das obras, os cientistas transformaram as imagens em conjuntos de dados e examinaram a organização espacial das formas e das cores nas pinturas.

Jethro Van Ekeren, professor do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa) apoiado pelo Instituto Serrapilheira, explica como a homologia permite transformar elementos subjetivos em dados comparáveis. "Essa ferramenta é usada para caracterizar quantitativamente certos aspectos da forma de objetos. Ela se divide em uma hierarquia (H0, H1, H2 etc.), cada uma medindo uma característica diferente", diz. O pesquisador esclarece que, na homologia persistente, o objeto de estudo é uma imagem. "Ou, mais precisamente, as regiões mais escuras de uma imagem."

"Código de barras"

O método funciona como uma espécie de escaneamento das diferentes camadas de cor da imagem. Cada tonalidade é convertida em formas matemáticas, permitindo acompanhar como os contornos surgem, desaparecem e se transformam ao longo da composição. A partir desse processo, os pesquisadores constroem o que chamam

de "códigos de barras topológicos", representações numéricas que descrevem a estrutura da obra.

No estudo, a equipe comparou telas autênticas de mestres consagrados, como Wassily Kandinsky, Mark Rothko, Jackson Pollock, Kazimir Malevich e Maria Jarema, além de obras da jovem pintora polonesa Lidia Kot, com imagens produzidas por inteligência artificial para imitar a estética abstrata. O resultado chamou a atenção dos pesquisadores: apesar das diferenças de estilo entre os artistas, as obras humanas tinham uma característica matemática em comum.

O elemento central da descoberta envolve um conceito matemático chamado dualidade de Alexander, que descreve a relação entre as estruturas localizadas nas bordas de uma imagem e aquelas situadas em sua região central. "Trata-se de uma simetria exata, mas ela só vale rigorosamente em uma situação idealizada: uma imagem infinitamente grande e sem bordas. Em imagens reais, as interações entre as estruturas presentes na imagem e sua borda — sem falar do ruído introduzido pelo processo de digitalização — produzem pequenos desvios em relação à dualidade exata", diz Jethro Van Ekeren.

Violação

No estudo, quando os pesquisadores mediram o grau de quebra dessa simetria nas pinturas, constataram que os artistas humanos tendiam a apresentar praticamente a mesma proporção de violação da regra matemática, em torno de 0,4. Segundo os autores, isso sugere que diferentes artistas, mesmo sem conhecimento explícito da matemática envolvida, organizam formas e cores de maneiras semelhantes ao construir composições visualmente equilibradas.

Já as imagens geradas por inteligência artificial não reproduziram a regularidade observada na quebra da simetria. Embora fossem criadas para apresentar características visuais semelhantes às das pinturas humanas, elas não seguiam o mesmo padrão de posicionamento das formas em relação às bordas da tela. Os pesquisadores acreditam que essa diferença estrutural pode ajudar a explicar por que muitas imagens produzidas por IA são percebidas como tecnicamente impressionantes, mas frequentemente não provocam o impacto emocional associado às verdadeiras obras de arte.

Detlef Schober/Divulgação



Alquimia, de Jackson Pollock: os cientistas transformaram imagens em conjuntos de dados e examinaram a organização espacial das formas e das cores nas pinturas

Três perguntas para

Arquivo pessoal

EDGARD PIMENTEL, professor da Universidade de Coimbra, em Portugal, apoiado pelo Instituto Serrapilheira, e membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências (ABC)

Como a homologia persistente se aplica à arte?

Pensa num quadro do Roy Lichtenstein: se a gente olhar só para um ponto, vê só um ponto. Mas nosso foco acaba por ver uma imagem. Pensa num quadro do Monet: se eu colocar uma lupa na tela, talvez só enxergue uma pincelada. Mas se diminuir o zoom (olha aqui o parâmetro da homologia persistente), vejo uma ponte. Quando eu vario esse parâmetro, objetos da homologia surgem. E esses são objetos matemáticos abstratos comparáveis. Por exemplo, no quadro do Lichtenstein, se eu estou muito perto do quadro, um pontinho isolado é uma componente conexa. Se diminuo o zoom, vejo outros pontos, ou até novas cores, ou o contorno dos balões de fala. Essa mudança da estrutura (do ponto isolado para uma linha contínua) é percebida pela homologia persistente e gera objetos matemáticos objetivamente distintos.



A violação da dualidade de Alexander pode indicar uma espécie de "assinatura" artística humana?

Pensa em um quadro do Mondrian: a homologia da parte colorida estaria relacionada com a homologia das partes brancas. Em uma tela do Pollock, isso é mais expressivo: um traçado em preto e vários espaços

em branco. A dualidade de Alexander nos diz que, matematicamente, o que a gente pinta e o que deixa de pintar estaria objetivamente relacionado. Quando o artista humano pinta de forma irregular, com emoção, com posição política, com paixões diversas, pode ser que as regras mais rígidas da homologia não se apliquem.

E, provavelmente, nem deveriam: já imaginou que chatice seria se *Guernica* tivesse grupos de homologia bem comportados? A ideia de atribuir uma assinatura humana a uma pintura vem da ideia de que a emoção e a irregularidade humana não têm contrapartida matemática. Para mim, isso é ingênuo. Matemática é sobre esse esforço sobrenatural: enxergar ordem no que se julga desordenado.

A pesquisa associa propriedades topológicas das imagens ao rastreamento ocular dos participantes. O que isso significa?

A ideia é que algumas áreas do quadro atraem mais a atenção do público é fantástica. E se essas áreas refletem uma determinada característica topológica? Será que os olhos humanos buscam mais por algumas estruturas topológicas do que por outras? Isso é uma forma (estatística, ainda assim) de entender se algumas características topológicas são mais atraentes, ou reconfortantes. É como dizer que as cores têm efeito sobre as sensações humanas, mas substituindo as cores por grupos de homologia. (PO)

Easy-Peasy AI/Divulgação



Pinturas criadas por IA geraram movimentos oculares mais exploratório

Diferentes olhares e reações

O estudo publicado na revista *Plos Computational Biology* também investigou como o público reage à diferença de uma obra de arte produzida por humanos daquela gerada por inteligência artificial (IA). Em uma etapa experimental da pesquisa da Universidade de Varsóvia, na Polônia, e da Universidade de Hertfordshire, no Reino Unido, os voluntários observaram pinturas de uma jovem artista polonesa contemporânea e imagens construídas pelo algoritmo, enquanto os cientistas monitoravam seus movimentos oculares e atividade cerebral.

Participaram do estudo 58 pessoas. Metade observou as obras da artista Lidia Kot e o restante viu imagens geradas por inteligência artificial, sem saber sua origem. Uma das constatações dos pesquisadores é que o contexto exerceu forte influência sobre a experiência estética.

No laboratório, as criações humanas receberam avaliações mais altas e mantiveram a atenção dos participantes por mais tempo. Já na galeria, a diferença praticamente desapareceu, e as imagens produzidas por IA chegaram a prender o olhar dos participantes por um período até duas vezes maior. Segundo Rogala, a iluminação e a experiência imersiva de uma galeria podem destacar gradientes de cor e formas que passam despercebidos em uma tela de computador, favorecendo as imagens artificialmente geradas.

Apesar disso, os registros cerebrais revelaram diferenças importantes. As obras humanas produziram padrões de atividade cerebral mais estáveis e integrados, enquanto as geradas por IA estimularam movimentos oculares mais exploratórios. Para os autores, isso sugere que o cérebro processa os dois tipos de imagem de maneiras

distintas, mesmo quando os observadores não percebem conscientemente a diferença.

Seletividade

O matemático e pesquisador Daniel Gonzales, diretor-geral da Faculdade NeuroSaber, em Londrina (PR), considera essa a parte mais interessante do estudo, porque não se foca na obra, mas no observador. "O olhar humano é bem seletivo, ele vai de forma natural para as regiões onde a topologia é mais rica. Mesmo sem perceber, não apenas olhamos para a imagem: a gente calcula a topologia dela para conseguir navegar na abstração."

Gonzales destaca que o tempo de observação das obras feitas por humanos e das produzidas por IA — 197 milésimos por segundo contra 149 milésimos, respectivamente

— indica, no primeiro caso, um sinal de processamento profundo cerebral. "Se eu fixo mais o olhar em uma arte real, significa que o meu cérebro está construindo um significado diante dela. E o estudo reforça que a percepção da beleza não é só cultural, ela também é mensurável."

Os autores destacaram, em nota, que não pretendem sugerir que a arte pode ser reduzida a uma fórmula. "A criatividade, a intenção artística e o contexto cultural continuam desempenhando papel central na experiência estética", comentaram. "O estudo, porém, oferece evidências de que existe uma estrutura subjacente compartilhada por obras abstratas produzidas por artistas humanos e que essa estrutura está relacionada à maneira como nosso cérebro organiza e interpreta informações visuais." (PO)