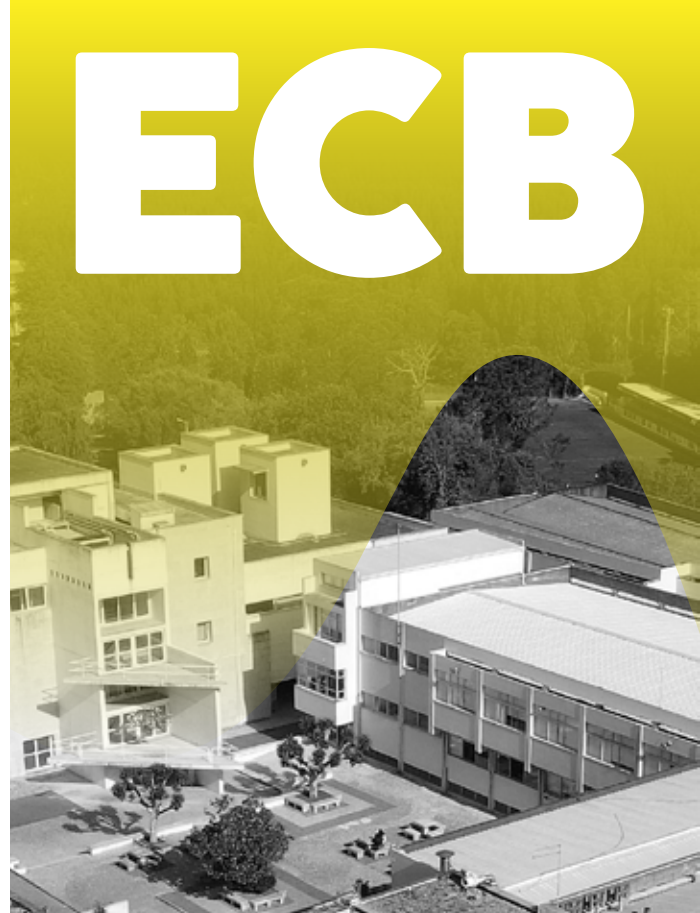




Número 18 | Julho de 2026

Externato Cooperativo da Benedita

FICHA TÉCNICA**Diretora**

Inês Silva

Diretora Executiva

Marisa Ferreira

Revisão

Zita Nogueira

Lucília Ferreira

Secretariado

Lucília Ferreira

Capa

Fernanda Baptista

Paulo Valentim

Paginação, arranjo informático, publicação online

Paulo Valentim

**Instituto Nossa Senhora da Encarnação
Externato Cooperativo da Benedita**

Rua Cooperativa de Ensino
Apartado 197
2475-901 Benedita

Telefone: 262 925 180
Fax: 262 925 185
ecb@inse.pt
<http://ecbenedita.inse.pt>
ISSN:2183-8526

SUMÁRIO

Inês Silva [Diretora dos Cadernos do ECB]

Editorial 7

José Matias Alves [Professor Associado da Faculdade de Educação e Psicologia da Universidade Católica Portuguesa]

Escolas em tempos caóticos: desafios profissionais, organizacionais e comunitários numa perspetiva de complexidade e regeneração 9

Paulo Coelho [Mestre em Análise Matemática pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa] Professor de Matemática no Externato Cooperativo da Benedita]

Geometria e Topologia das Redes Cerebrais 15

Rita Pestana [Doutoranda em Física Médica na Universidade de Heidelberg, Alemanha] Mestre Engenharia Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa]

Radioterapia: a física e a biologia aliadas na luta contra o cancro 29

Teresa Peralta [Mestre em Gestão de Crise e Segurança com especialização em Governança da Cibersegurança, Universidade de Leiden, Faculty of Governance and Global Affairs] Especialista em Segurança da Informação Centro Nacional de Cibersegurança]

Social Media and Big Tech are ‘ruling’ the Rule of Law 37

Eduarda Pedrosa [Engenheira Biomédica, Gestora de Projeto na Siemens Healthineers Portugal]

Dos cuidados centrados na pessoa à experiência do doente: a evolução dos modelos de cuidados de 49

Cláudia Lourenço [Fotógrafa | Partner Manager, Opensmile | Colónia, Alemanha]

Cor, Luz e Corpo: Entre o Eu e a Multidão no Espaço Urbano Noturno 55

João Valente [Bibliotecário Universitário / Faculdade de Direito]

A Ponte Invisível: O Papel das Bibliotecas Pré-Universitárias na Construção do Perfil do Estudante do Ensino Superior 61

EDITORIAL

Inês Silva

[Diretora]

Vivemos num tempo marcado por mudanças rápidas e por uma sensação de instabilidade que atravessa diferentes dimensões da vida coletiva. É neste contexto que a escola continua a assumir um papel essencial: o de pensar, interpretar e devolver ao território uma leitura crítica do presente. O texto de Matias Alves, autor convidado desta edição, parte precisamente desta ideia. Ao refletir sobre a escola em “tempos caóticos”, sublinha a necessidade de regeneração, de cooperação e de compromisso profissional e comunitário - temas que dialogam naturalmente com a identidade do ECB.

Os artigos que integram este número dos Cadernos do ECB alargam esse olhar e mostram, uma vez mais, a diversidade de áreas e preocupações que a revista acolhe. Na área científica, encontramos contributos que nos ajudam a compreender melhor a complexidade do mundo contemporâneo: a geometria e a topologia das redes cerebrais, a evolução da radioterapia e os desafios da medicina de precisão, o impacto das grandes plataformas tecnológicas na proteção dos direitos fundamentais, ou a importância crescente da experiência do doente na qualidade dos cuidados de saúde.

Outros textos convidam-nos a olhar para dimensões mais sensoriais, culturais e sociais. A fotografia noturna, explorada por Cláudia Lourenço, devolve-nos a relação entre corpo, luz e espaço urbano. João Pedro Valente reflete sobre o papel das bibliotecas — escolares, públicas, cooperativas e universitárias — na construção da autonomia intelectual dos estudantes. Cada artigo acrescenta uma perspetiva própria, contribuindo para uma leitura mais ampla e mais informada da realidade.

Esta edição confirma, assim, o papel dos Cadernos do ECB: ser um espaço plural, aberto a diferentes áreas do saber, onde investigadores, profissionais e antigos alunos partilham conhecimento e experiência. Num tempo que exige reflexão e sentido crítico, esta revista continua a afirmar-se como um contributo relevante para a comunidade educativa e para o território que a envolve.

Escolas em tempos caóticos: desafios profissionais, organizacionais e comunitários numa perspetiva de complexidade e regeneração

Matias Alves

Professor Associado da Faculdade Educação e Psicologia da Universidade Católica Portuguesa

“Ensinar é um exercício de imortalidade. De alguma forma continuamos a viver naqueles cujos olhos aprenderam a ver o mundo pela magia da nossa palavra. O professor, assim, não morre jamais
(Alves, 2006)

Ensinar não é uma atividade como as outras. Poucos profissionais serão a causa de riscos tão graves como os que os maus professores fazem correr os alunos que lhes são confiados. Poucas profissões supõem tantas virtudes, generosidade, dedicação e acima de tudo, talvez entusiasmo e desinteresse. Só uma política inspirada pela preocupação de atrair e de promover os melhores, esses homens e mulheres de qualidade que todos os sistemas de educação sempre celebram, poderá fazer do ofício de educar a juventude o que ele deveria ser: o primeiro de todos os ofícios.

Bourdieu, P. (1987)

As primeiras décadas do século XXI intensificaram um conjunto de dinâmicas que desafiavam profundamente os sistemas educativos: aceleração tecnológica, fragmentação social, dispersão identitária, crises sanitárias globais, crises climáticas, pressões demográficas e reconfigurações do trabalho. Organizações internacionais como a UNESCO (2021) têm sublinhado que a educação enfrenta uma encruzilhada histórica, exigindo não apenas reformas incrementais, mas uma redefinição do seu contrato social.

Neste contexto, a escola afirma-se como organização situada em ambientes turbulentos, marcados por incerteza

estrutural e imprevisibilidade. E o Ensino Particular e Cooperativo que tão relevante serviço tem prestado a milhares de cidadãos portugueses vive sob permanente ameaça de asfixia e quase supletividade face ao Ensino Estatal o que torna ainda mais complexo o texto e o contexto em que vive. O presente artigo analisa alguns dos desafios profissionais, organizacionais e comunitários que emergem nestes “tempos caóticos”, articulando contributos que fui tecendo ao longo do tempo e convocando outros autores que têm também pensado a complexidade organizacional, o sentido da profissionalidade docente e liderança educativa.

1. Complexidade organizacional e metamorfose da escola

A teoria da complexidade oferece um quadro interpretativo robusto para compreender a escola contemporânea. As organizações educativas configuram-se como sistemas adaptativos complexos, compostos por múltiplos agentes interdependentes cujas interações produzem efeitos não lineares e frequentemente emergentes. A previsibilidade reduz-se; a incerteza torna-se estrutural, a relação pedagógica é sempre desafiada a estabelecer as conexões perdidas.

Cruz e Alves (2019) salientam a singularidade da organização escolar, sublinhando a sua natureza sistémica e a coexistência de múltiplas racionalidades — pedagógicas, administrativas, políticas

e comunitárias. Esta leitura converge com as análises de Bolívar (2012), que caracteriza a escola como uma organização profissional onde a mudança não pode ser imposta mecanicamente, mas depende de processos culturais e colaborativos.

A UNESCO (2021), no relatório *Reimagining Our Futures Together*, defende que a educação deve ser reconstruída como projeto coletivo orientado para o bem comum, reconhecendo a interdependência global e a complexidade dos desafios contemporâneos. Tal perspetiva implica deslocar o foco de reformas tecnocráticas para transformações locais e sistémicas sustentadas por valores democráticos e justiça social.

2. Profissionalidade docente em contexto de turbulência

A intensificação da complexidade organizacional repercute-se diretamente na profissionalidade docente. Alves (2022) descreve a “asfixia da ação docente”, evidenciando a sobreposição de exigências e a fragmentação do tempo profissional. A tensão entre individualização pedagógica e standardização avaliativa amplifica um desgaste profissional que questiona o bem-estar pessoal e profissional.

Nóvoa (2019) defende que a profissão docente atravessa uma crise de identidade que não pode ser resolvida por via de maior controlo externo, mas antes através

do reforço da autonomia profissional e da construção de comunidades de prática. A profissionalidade não é apenas competência técnica; é compromisso ético e capacidade reflexiva partilhada.

Por sua vez, Maria do Céu Roldão (2007) acrescenta que a docência se constitui como uma atividade intelectual complexa, implicando decisões pedagógicas contextualizadas. A simplificação do trabalho docente através de prescrições normativas fragiliza a qualidade educativa e compromete a autonomia profissional.

Neste quadro, os tempos caóticos exigem a reconstrução do sentido da profissão, a reorganização dos tempos e espaços de cooperação, o desenvolvimento de competências colaborativas e investigativas, o reforço da capacidade de julgamento profissional. Numa palavra, pressupõe uma passagem da solidão e do sofrimento existencial para um modelo de interação profissional baseado numa confiança colaborativa que nos enriquece e gratifica. Mas, para isso, temos de querer, ver e reconhecer as vantagens desta mudança.

O projeto MIRE [Modelo Integrado de Regeneração Educativa] que a Faculdade de Educação e Psicologia da Universidade Católica Portuguesa vem procurando desenvolver é a tentativa de resposta estruturada e holística a esta interpelação,

como se pode observar na imagem infra:



Figura 1 - Modelo Integrado de Regeneração Educativa

Fonte: elaboração: Pinheiro, alves e Serra, 2025

3. Liderança regenerativa e cultura organizacional

Para além da vontade individual e colegial, a transformação organizacional requer uma liderança capaz de operar em ambientes complexos. Pinheiro, Alves e Serra (2025) propõem modelos de liderança colaborativa e regenerativa, defendendo que as equipas educativas podem catalisar a transformação da escola num sistema mais flexível, interativo e adaptativo.

Esta visão dialoga com Hargreaves e Fullan (2012), que defendem a construção de *capital profissional*, articulando capital humano, social e decisional. A melhoria

sustentável não decorre de lideranças heroicas, mas da construção de culturas colaborativas que potenciem a inteligência coletiva.

Bolívar (2012) sublinha que a liderança pedagógica eficaz implica criar condições organizacionais para o trabalho colaborativo e para o foco nas aprendizagens (e numa avaliação que não esquece a sua missão primeira de fazer aprender). A liderança regenerativa acrescenta a esta dimensão a preocupação com sustentabilidade institucional, confiança relacional e

aprendizagem organizacional contínua.

A regeneração escolar, como venho referindo (Alves, 2023), depende da articulação entre estrutura, cultura e liderança. Não basta reorganizar horários (embora o tempo – e um projeto - comum seja um imperativo); é necessário transformar crenças, práticas e relações profissionais.

E a este propósito, permitam que convoque Laura Esquível e o ser célebre romance *Como Água para Chocolate*:

Deixe-me dizer-lhe uma coisa que não confiei ainda a ninguém. A minha avó tinha uma teoria muito interessante, dizia que embora todos nasçamos com uma caixa de fósforos no nosso interior, não os podemos acender sozinhos, precisamos, como na experiência, de oxigénio e da ajuda de uma vela.

Só que neste caso o oxigénio tem de vir, por exemplo, do hálito da pessoa amada; a vela pode ser qualquer tipo de alimento, música, carícia, palavra ou som que faça disparar o detonador e assim acender um dos fósforos.

Por momentos sentir-nos-emos deslumbrados por uma intensa emoção. Dar-se-á no nosso interior um agradável calor que irá desaparecendo pouco a pouco conforme passa o tempo, até vir uma nova explosão que o reavive.

Cada pessoa tem de descobrir quais são os seus detonadores para poder viver, pois a combustão que se dá quando um deles se acende é que alimenta a alma de energia. Por outras palavras, esta combustão é o seu alimento. Se uma pessoa não descobre a tempo quais são os seus próprios detonadores, a caixa de fósforos fica húmida e já nunca poderemos acender um único fósforo.

Se isso chegar a acontecer a alma foge do nosso corpo, caminha errante pelas trevas mais profundas procurando em vão encontrar alimento sozinha, não sabendo que só o corpo que deixou inerte, cheio de frio, é o único que poderia dar-lho. Como eram certas aquelas palavras! Se havia alguém que soubesse isso era ela.

Infelizmente, tinha de reconhecer que os seus fósforos estavam cheios de mofo e humidade. Ninguém podia voltar a acender um só que fosse.

O mais lamentável era que ela sabia muito bem quais eram os seus detonadores, mas cada vez que tinha conseguido acender um fósforo haviam-no apagado inexoravelmente. (Esquível, 1989, pp. 109-110)

Todos nós temos fósforos. Precisamos de contextos favoráveis, detonadores e oxigénio para podermos viver e crescer juntos.

4. Comunidades profissionais de aprendizagem e reconstrução do contrato social

A literatura sobre comunidades profissionais de aprendizagem oferece um enquadramento operativo para enfrentar a complexidade. Hargreaves e Fullan (2012) defendem que o capital social — relações de confiança e colaboração — constitui um recurso estratégico central para a melhoria educativa.

Nóvoa (2019) reforça que a formação e o desenvolvimento profissional devem ocorrer no interior da profissão, sustentados por redes colaborativas. Esta perspectiva

converge com a proposta da UNESCO (2021) de reconstrução do contrato social da educação, baseada na participação democrática e na corresponsabilização comunitária.

Assim, os desafios comunitários implicam: articulação entre escola e território; construção de ecossistemas educativos; integração de saberes locais e globais e reforço da coesão social através da educação.

5. Nota final: uma escola regenerativa em tempos caóticos

A análise integrada permite afirmar que a resposta aos tempos caóticos exige transformação em três planos interdependentes:

1. Profissional – reforço da autonomia, colaboração e identidade docente (Alves, 2022; Nóvoa, 2019; Roldão, 2007).
2. Organizacional – reconfiguração estrutural e liderança regenerativa (Cruz & Alves, 2019; Pinheiro et al., 2025; Bolívar, 2012; Hargreaves & Fullan, 2012).
3. Comunitário – reconstrução do contrato social da educação (UNESCO, 2021).

A escola regenerativa emerge como

organização que aprende, coopera e se adapta sem perder a sua missão de serviço aos vários e diferentes públicos. Nos tempos caóticos, a resiliência institucional não depende de simplificação, mas de capacidade sistémica de aprendizagem coletiva.

Nós podemos co-construir a escola que queremos e sonhamos. Nós podemos transformar os nossos modos de organizar o trabalho; nós podemos criar climas de maior bem-estar profissional e organizacional; nós podemos gerar entendimentos que nos façam mais felizes como pessoas e profissionais; nós podemos comunicar mais, aprender mais, dialogar mais. Também está nas nossas mãos.

Referências

Alves, J. M. (2025). *Quatro pilares para modelo integrado de regeneração educativa*. Público, 27 nov 2025 <https://www.publico.pt/2025/11/27/opiniao/opiniao/quatro-pilares-modelo-integrado-regeneracao-educativa-mire-2156217>

Alves, J. M. (2022). *Grito claro: Do sentido e da asfixia da ação docente*. Faculdade de Educação e Psicologia, Universidade Católica Portuguesa. <https://m.porto.ucp.pt/media/grito-claro-sentido-e-asfixia-acao-docente>

Alves, J. M. (2023). Estrutura, cultura e liderança: Os eixos possíveis da regeneração das escolas. Público, 21 setembro, <https://www.publico.pt/2025/09/21/opiniao/opiniao/estrutura-cultura-lideranca-eixos-possiveis-regeneracao-escolas-2148019>

Alves, R. (2006). *A Alegria de Ensinar*. Edições ASA

Bolívar, A. (2012). *Políticas actuales de mejora y liderazgo educativo*. Aljibe.

Bourdieu, P. (1987). Propostas para o ensino do futuro. Cadernos de Ciências Sociais, nº 5, pp. 101-120

Cruz, R., & Alves, J. M. (2019). *A singularidade da organização escolar: Fatores para uma boa escola*. Universidade Católica Portuguesa.

Hargreaves, A., & Fullan, M. (2012). *Professional capital: Transforming teaching in every school*. Teachers College Press.

Laura Esquível (1989) *Como Água Para Chocolate*, Edições ASA (109-110)

Nóvoa, A. (2019). *Professores: Imagens do futuro presente*. Educa.

Pinheiro, G., Alves, J. M., & Serra, L. (2025). School leadership and organization in times of complexity: Paths to a collaborative and regenerative school. *Frontiers in Education*, 10, Article 1657742.

Roldão, M. C. (2007). Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. *Revista Brasileira de Educação*, 12(34), 94-103.

UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

Geometria e Topologia das Redes Cerebrais

Paulo Coelho

Mestre em Análise Matemática pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Professor de Matemática no Externato Cooperativo da Benedita

A Geometria, associada ao estudo do espaço e das formas, e a Topologia oferecem hoje uma linguagem comum para compreender a organização do cérebro. Enquanto a geometria descreve o modo como a rede cerebral pode ser modelada em espaços de curvatura negativa, típicos da geometria hiperbólica, a topologia revela padrões de conectividade que se mantêm sob transformações contínuas.

Estes dois enquadramentos mostram que o conectoma — o mapa completo das ligações cerebrais — está longe de ser aleatório, obedecendo a princípios matemáticos bem definidos e tem sido estudado intensivamente no quadro da neurociência de redes (Sporns, 2013). A organização do cérebro reflete, assim, uma lógica espacial e relacional profunda, em que a forma da rede e a função cognitiva permanecem intimamente ligadas.

Ao longo deste artigo, distinguimos a geometria física do cérebro, ligada à anatomia, de uma geometria latente, abstrata, que melhor capta a organização das redes cerebrais, discutindo o papel da curvatura negativa, dos modelos hiperbólicos e de ferramentas topológicas na caracterização da arquitetura das redes cerebrais.

1.Introdução: Geometria e Redes Cerebrais

A geometria euclidiana descreve o espaço tal como o percebemos no quotidiano: retas paralelas nunca se encontram e a soma dos ângulos internos de um triângulo é sempre igual a 180° .

No século XIX, porém, matemáticos como Gauss, Bolyai e Lobachevsky desenvolveram geometrias não-euclidianas que pro-

punham formas alternativas de conceber o espaço. Na geometria hiperbólica, uma dessas geometrias não-euclidianas, o espaço possui curvatura negativa constante. Neste modelo geométrico, por um ponto exterior a uma reta passam infinitas retas paralelas a ela; a soma dos ângulos internos de qualquer triângulo é sempre inferior a 180° ; e o volume do espaço cresce

exponencialmente em relação ao raio.

Essa expansão rápida torna os espaços hiperbólicos particularmente adequados,

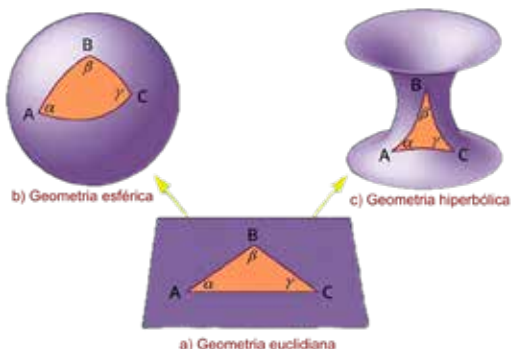


Figura 1. a) $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$; b) $\alpha + \beta + \gamma > 180^\circ$; c) $\alpha + \beta + \gamma < 180^\circ$

em modelos de redes, para representar hierarquia e heterogeneidade de conectividade, sendo por isso usados como hipótese de geometria latente em redes complexas (Krioukov et al., 2010). É neste contexto que surge o conceito de conectoma: o mapa completo das ligações neuronais do cérebro, isto é, a descrição exhaustiva de como os neurónios e as diferentes regiões cerebrais se encontram interligados. Uma vez que as capacidades cognitivas e o comportamento estão intimamente relacionados com esta organização de ligações, o conectoma constitui um alicerce indispensável para compreender como a dinâmica e a função cerebrais emergem desse substrato neuronal.

Matematicamente, o conectoma pode ser descrito por um grafo: um conjunto de nós ou vértices (regiões do córtex cerebral e estruturas subcorticais) interligados por arestas, que representam fibras estruturais (feixes de axónios) ou relações funcionais (dependências estatísticas, baseadas na correlação da atividade neuronal ao longo do tempo, entre sinais de atividade). Em alguns enquadramentos, considera-se ainda a conectividade efetiva, em que as arestas procuram modelar influência entre regiões, capturando a direcionalidade do fluxo de informação.

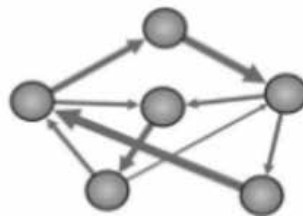


Figura 2. Grafo ponderado dirigido: Cada aresta tem um peso que representa a força da ligação (número de fibras ou valor de correlação)

A Análise de Redes, fundamentada na Teoria dos Grafos, emergiu como uma ferramenta estratégica indispensável para a Neurociência moderna. Ao privilegiar o padrão de conectividade, em detrimento da variabilidade anatômica individual, esta abordagem permite-nos simplificar o sistema cerebral e identificar princípios organizacionais comuns que transcendem cérebros, espécies e escalas de observação, revelando deste modo não apenas o que está ligado, mas como a arquitetura dessas ligações suporta a função cerebral e os processos cognitivos.

Uma rede cerebral constitui uma representação matemática dos elementos de um sistema neuronal e das suas interações. Na linguagem da Teoria dos Grafos, os conceitos fundamentais traduzem-se em propriedades mensuráveis: um *hub* corresponde a um nó com grau elevado (muitas ligações), desempenhando um papel central na integração de informação distribuída; a *modularidade* reflete a presença de comunidades de nós fortemente conectados entre si, mas relativamente isolados de outros grupos. As redes cerebrais exibem ainda uma arquitetura *small-world*, caracterizada simultaneamente por conexões locais densas e caminhos curtos entre quaisquer dois nós — um compromisso ótimo entre eficiência de processamento global e economia energética das ligações.

Projetar o conectoma num espaço de curvatura negativa constante tem sido proposto como forma de obter uma representação latente que pode acomodar, de modo eficiente, propriedades como

heterogeneidade do grau, *clustering* e hierarquia, frequentemente difíceis de reproduzir em espaços euclidianos de baixa dimensão (Krioukov et al., 2010; García-Pérez et al., 2019). Assim, a geometria hiperbólica não é apenas uma curiosidade matemática, mas um formalismo de modelação que descreve com elegância a complexidade estrutural do cérebro.

No estudo do conectoma, a geometria manifesta-se em dois níveis distintos. O primeiro é o da geometria física, que considera as distâncias euclidianas reais entre regiões cerebrais e o custo espacial associado às fibras que as ligam. Neste enquadramento, características como a modularidade, o *clustering* (tendência para a formação de triângulos e vizinhanças densas) ou a distribuição dos *hubs* resultam, em larga medida, da forma como o cérebro está fisicamente embebido no espaço tridimensional.

O segundo nível é o da *geometria latente*, que não depende das distâncias

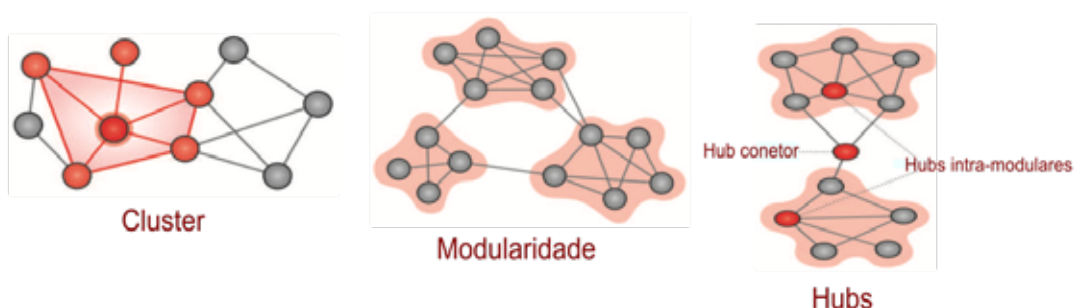


Figura 3. Exemplos de organização do conectoma: *cluster*, modularidade e *hubs*

anatômicas, mas da estrutura lógica da rede. Cada região é representada como um ponto num espaço matemático (frequentemente de geometria hiperbólica), que melhor reproduz os padrões de conectividade observados. A geometria diz-se “latente” porque não corresponde às distâncias anatômicas observáveis, mas a um espaço de coordenadas inferido a partir do padrão de conectividade. Nesse espaço, a proximidade entre regiões reflete afinidades estruturais, isto é, semelhanças nas suas vizinhanças e nos seus perfis de ligação, e permite representar, num mesmo enquadramento, hierarquia, heterogeneidade do grau e organização modular. Assim, a geometria latente oferece uma descrição compacta da arquitetura do conectoma, frequentemente mais fiel do que uma representação em espaço euclidiano de baixa dimensão.

Enquanto a geometria física reflete as restrições anatômicas, a geometria latente revela a estrutura organizativa profunda da rede cerebral, sugerindo que o conectoma opera segundo princípios geométricos mais ricos do que aqueles impostos apenas pela anatomia.

Por geometria latente entende-se, assim, um espaço geométrico abstrato no qual as regiões cerebrais são representadas por pontos, de modo que as distâncias nesse espaço codificam a probabilidade de ligação e a organização hierárquica do conectoma. A geometria hiperbólica não descreve o espaço físico do cérebro, mas um espaço de representação no qual certos padrões de conectividade podem tornar-se mais regulares e mais facilmente modeláveis.

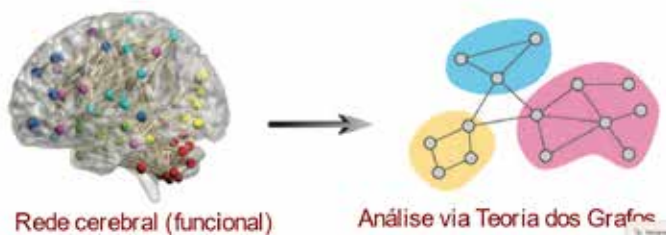


Figura 4. Da atividade cerebral à representação em grafo: a rede funcional, obtida a partir de correlações entre séries temporais (fMRI, EEG ou MEG), é convertida numa estrutura de nós e arestas para análise com Teoria dos Grafos.

2. O papel da Geometria no Conectoma

A organização estrutural do cérebro obedece a princípios geométricos que resultam de constrangimentos físicos e estruturais do espaço tridimensional onde as regiões neuronais estão imersas, mas também de regularidades internas que

não podem ser explicadas apenas pela anatomia. A geometria exerce influência no conectoma em dois níveis distintos: geometria física e geometria latente.

2.1. Geometria física: restrições espaciais e custo das ligações neuronais

O cérebro é um objeto físico situado num volume limitado. No adulto humano tem cerca de 1,36 kg, aproximadamente $8,6 \times 10^{10}$ neurónios e 10^{15} sinapses. Cada ligação neuronal implica um custo espacial e metabólico, relacionado com o material biológico necessário, a energia utilizada e o tempo de transmissão de informação associado. Estas restrições favorecem ligações curtas e penalizam projeções longas, moldando a arquitetura global da rede e contribuindo para uma organização modular. A modularidade, por exemplo, surge parcialmente porque regiões próximas tendem a ligar-se de forma mais densa entre si, formando “bairros” funcionais. O mesmo se observa no *clustering*, dado que a probabilidade de duas regiões vizinhas estarem ambas ligadas a uma terceira aumenta quando estas regiões ocupam uma vizinhança física comum.

Este enquadramento ajuda a explicar padrões observados no conectoma humano e em modelos animais: muitas das propriedades estruturais básicas — modularidade local, motivos recorrentes e

distribuição espacial dos feixes de fibras — derivam da forma como o cérebro está limitado pelo espaço euclidiano tridimensional em que se desenvolve. Contudo, a geometria física, por si só, não explica por completo a regularidade e eficiência da rede neuronal.

2.2. Geometria latente: para além das distâncias anatómicas

Para compreender a organização global do conectoma é necessário recorrer a uma geometria latente, que não depende das distâncias físicas, mas da estrutura lógica da rede. Cada região é representada por um ponto num espaço matemático, frequentemente hiperbólico, em que a probabilidade de ligação entre duas regiões decresce com a distância hiperbólica $d_H(x, y)$.¹ Esta é a hipótese central dos modelos geométricos de redes complexas, nos quais a conectividade pode ser descrita como uma função decrescente da distância num espaço hiperbólico (Krioukov et al., 2010).

Neste espaço, que não é isométrico ao espaço anatómico (ou seja, não existe uma correspondência direta que preserve as distâncias e a forma entre os dois), cada nó é posicionado segundo a sua

¹ No modelo do disco de Poincaré, para $\mathbb{D} = \{x \in \mathbb{R}^2 : \|x\| < 1\}$, $u, v \in \mathbb{D}$ tem-se

$$d_H(u, v) = \operatorname{arcosh} \left(1 + \frac{2 \|u - v\|^2}{(1 - \|u\|^2)(1 - \|v\|^2)} \right)$$

afinidade conectiva e popularidade na rede. Esta geometria é *latente* porque não se observa no espaço físico, mas emerge da conectividade: reflete hierarquia, heterogeneidade e afinidade topológica (semelhança no padrão de ligações entre regiões).

É aqui que a geometria hiperbólica (de curvatura negativa constante) se revela um modelo particularmente adequado. Ao contrário do espaço euclidiano, que se expande polinomialmente (a área de um círculo cresce com o quadrado do raio), a área de um círculo no espaço hiperbólico expande-se exponencialmente (a área é proporcional ao quadrado do seno hiperbólico do semi-raio), permitindo acomodar redes com hierarquias complexas, forte modularidade e distribuições que seguem leis de potência². Estas redes são frequentemente descritas como “livres de escala” (*scale-free*), na medida em que a conectividade não é dominada por um grau “típico”: coexistem uma vasta maioria de nós pouco conectados com raros *hubs* de ordem de magnitude superior, unificando deste modo dois princípios fundamentais — popularidade (importância hierárquica) e similaridade (proximidade funcional).

É esta propriedade de “ter muito espaço” que permite explicar a eficiência da

geometria latente do cérebro: tal como numa rede social, as ligações formam-se não apenas pela proximidade, mas por interesses comuns ou pela influência de certos atores. Este mecanismo sustenta a arquitetura *small-world* (“mundo pequeno”): a maioria das ligações é local, formando comunidades densamente conectadas, enquanto um número reduzido de grandes centros de conexão (*hubs*) estabelece pontes de longo alcance entre essas comunidades. Assim, torna-se possível uma comunicação global rápida sem sacrificar a especialização local e mantendo o consumo energético baixo.

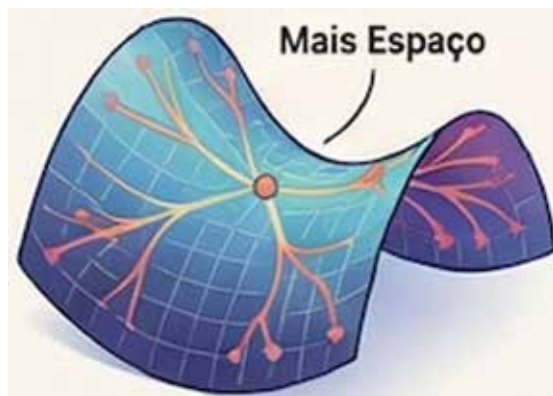


Figura 5. A curvatura negativa permite um crescimento exponencial do espaço hiperbólico, proporcionando “mais espaço” para acomodar hierarquias complexas.

As ramificações ilustram como a expansão geométrica facilita a representação de redes altamente ramificadas e de estrutura hierárquica.

²A distribuição do grau pode ser aproximada por uma lei de potência quando, para graus k suficientemente grandes, $P(k) \approx C k^{-\gamma}$ (com $C > 0$ e $\gamma > 0$). Em termos práticos, isto significa que não existe um grau “típico” dominante e que a probabilidade de observar nós muito conectados decresce lentamente (cauda pesada), diferindo de distribuições de cauda leve (como a distribuição Normal, “curva de sino”), onde os valores se concentram em torno de uma média e desvios extremos são estatisticamente muito improváveis.

3. Geometria Latente e Curvatura Negativa

A organização geométrica das redes cerebrais pode ser entendida como uma resposta evolutiva a constrangimentos computacionais fundamentais, em particular ao dilema entre segregação e integração: por um lado, o cérebro processa informação em módulos altamente especializados e densamente interligados (segregação funcional); por outro, precisa de integrar a informação desses módulos para gerar cognição e comportamento coerentes (integração funcional), mantendo simultaneamente comunicação eficiente entre regiões distantes. É neste contexto que a curvatura negativa e a geometria hiperbólica surgem como enquadramentos particularmente adequados.

A curvatura negativa fornece um modelo natural para descrever redes que combinam densidade local e eficiência global. Em topologias de rede³ puramente locais, o custo físico é mínimo, mas a integração é limitada. Pelo contrário, redes aleatórias garantem comunicações rápidas, mas implicam custos elevados.

O conectoma humano equilibra estes extremos através de uma topologia *small-world*, em que ligações curtas e alguns atalhos longos coexistem. Esta combinação assegura eficiência de transmissão com consumo energético reduzido.

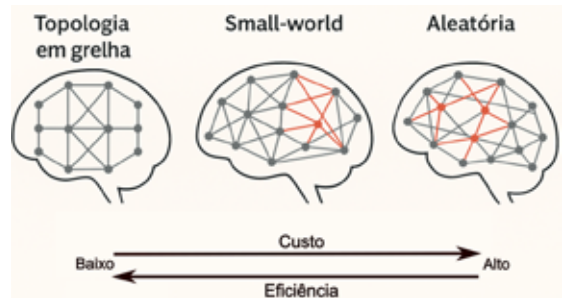


Figura 6. Diferentes topologias de rede ou padrões de organização das ligações entre regiões cerebrais. Redes baseadas apenas em vizinhanças locais (topologia em grelha) têm baixo custo físico, mas fraca integração global. Redes com muitas ligações longas (topologia aleatória) são altamente eficientes, mas metabolicamente dispendiosas. O conectoma humano combina ambos os aspetos: apresenta uma topologia do tipo *small-world*, onde ligações locais e atalhos coexistem, permitindo um compromisso entre custo físico e eficiência de comunicação.

A geometria hiperbólica fornece um modelo natural para descrever este equilíbrio: representa a rede cerebral num espaço de curvatura negativa constante, onde a estrutura emerge de forma compacta. Cada região ocupa um ponto nesse espaço; a distância radial ao centro corresponde ao seu nível hierárquico (*hubs* mais centrais, regiões periféricas mais afastadas) e a distância angular entre dois pontos reflete a sua afinidade funcional, isto é, a probabilidade de se ligarem entre si.

Assim, a topologia de redes descreve a estrutura de conexões da rede, enquanto a geometria latente organiza essa estrutura num espaço de curvatura negativa, no qual a hierarquia e a afinidade funcional

³ Aqui, “topologia de rede” designa o padrão de conectividade de um grafo (quem se liga a quem, e com que organização global), e não a “Topologia” enquanto ramo da Matemática.

se tornam mais transparentes. Para além desta descrição baseada em ligações par a par, é possível analisar a rede em termos de estruturas de ordem superior.

Em estudos recentes, estas ideias de organização de rede foram aprofundadas no quadro da Análise Topológica de Dados (TDA – *Topological Data Analysis*), que recorre a ferramentas de Topologia Algébrica⁴ para estudar padrões de ordem superior em dados complexos. Nesta abordagem, as redes cerebrais podem ser vistas como complexos simpliciais: cliques de neurónios ou regiões formam simplexos de dimensão superior, usando triângulos (simplexos de dimensão $d=2$), tetraedros (simplexos de dimensão $d=3$), simplexos de dimensão $d>3$, e os “buracos” ou cavidades entre esses simplexos, que revelam camadas adicionais de organização não captadas por uma análise apenas baseada em nós e arestas

(que são, respetivamente, simplexos de dimensão zero e um). A Figura 7 ilustra, de forma esquemática, esta passagem de um grafo para um complexo simplicial com cavidades topológicas.

Esta perspetiva integra-se na Neurociência Topológica, onde a TDA é usada para relacionar a estrutura dos circuitos com a função, identificando no conectoma humano cliques e cavidades que exprimem relações de ordem superior (Curto & Sanderson, 2025; Sizemore et al., 2018, 2019).

Esta perspetiva integra-se na Neurociência Topológica, onde a TDA é usada para relacionar a estrutura dos circuitos com a função, identificando no conectoma humano cliques e cavidades que exprimem relações de ordem superior (Curto & Sanderson, 2025; Sizemore et al., 2018, 2019).



Figura 7. Da rede aos complexos simpliciais e cavidades topológicas. À esquerda, a rede é representada como grafo, em que os nós correspondem a neurónios ou regiões e as arestas a ligações sinápticas. No centro, cliques de 3 e 4 neurónios dão origem a simplexos de dimensão superior (triângulos e tetraedros). À direita, a combinação destes simplexos forma um complexo simplicial em que surgem cavidades (“buracos” topológicos), que podem ser estudadas com ferramentas de TDA.

⁴Grosso modo, Topologia é o ramo da Matemática que estuda propriedades que se mantêm inalteradas sob deformações contínuas (não é permitido cortar nem colar). Topologia Algébrica é a área que traduz essas propriedades em invariantes algébricos, permitindo quantificar características globais como componentes conexas, ciclos e cavidades.

4. Implicações Funcionais: Topologia da Navegação Espacial

Até aqui, a geometria serviu para descrever a arquitetura do conectoma, isto é, a organização das ligações, através de um mapeamento num espaço latente (muitas vezes hiperbólico). Passamos agora para um plano complementar: a geometria dos espaços de representação reconstruídos a partir da atividade neuronal. Esta transição é consistente com a perspectiva das variedades⁵ neurais, segundo a qual a atividade populacional se organiza num espaço de estados de menor dimensão, moldado pelo circuito e pela tarefa (Perich et al., 2025). Estes mapas funcionais não são o espaço anatômico e não devem ser confundidos com a geometria latente do conectoma; traduzem antes a estrutura das relações que o sistema nervoso codifica, sejam elas espaciais ou conceptuais. Contudo, a lógica unificadora mantém-se: a Matemática oferece a linguagem comum para descodificar a organização do sistema, tanto ao nível da sua conectividade estrutural como das suas representações mentais.

Como hipótese interpretativa, o cérebro pode ser visto como uma rede que “navega” no seu próprio espaço de conectividade latente: a comunicação neuronal segue trajetórias que minimizam distâncias funcionais, não necessariamente físicas.

Esta perspetiva sugere que regiões distantes no espaço anatômico podem estar próximas na geometria latente, facilitando a integração cognitiva. Processos como a memória, a percepção ou a tomada de decisão dependem dessa capacidade de o cérebro “percorrer” o seu espaço interno de conexões, ajustando-se dinamicamente às exigências da tarefa. Se traduzirmos esta ideia para a linguagem da teoria de redes, “percorrer” corresponde a encaminhar informação ao longo da conectividade, usando apenas informação local: em redes descritas por geometria hiperbólica, o *greedy forwarding* — escolher iterativamente o vizinho mais próximo do destino em distância hiperbólica — pode ser eficiente e robusto sem exigir conhecimento global da rede (Krioukov et al., 2010).

Um exemplo particularmente claro desta transição entre estrutura e representação surge na navegação espacial, onde a atividade de populações neuronais revela mapas internos com organização geométrica e topológica bem definida.

⁵ Variedade (termo matemático): espaço que é localmente euclidiano, embora globalmente possa ser curvo (por exemplo, a superfície de um toro). No contexto neural, se representarmos a atividade de N neurónios como pontos num espaço de dimensão N , esses pontos tendem a concentrar-se numa estrutura de dimensão muito menor (a variedade), indicando que a atividade é altamente coordenada e pode ser descrita por um pequeno número de variáveis latentes.

A capacidade de nos orientarmos no espaço é uma das proezas computacionais mais sofisticadas do cérebro. Para sobreviver em ambientes complexos, o sistema nervoso constrói “mapas cognitivos”: representações internas do espaço que permitem antecipar trajetos, atalhos e localizações, mesmo sem visão direta do ambiente.

Na base deste sistema de navegação do cérebro, encontram-se vários neurónios especializados na representação espacial: as células de posição (*place cells*), situadas no hipocampo, mais precisamente nas regiões designadas CA1 e CA3, são neurónios que disparam seletivamente quando nos encontramos numa localização específica, criando um mapa neuronal do espaço; as células de

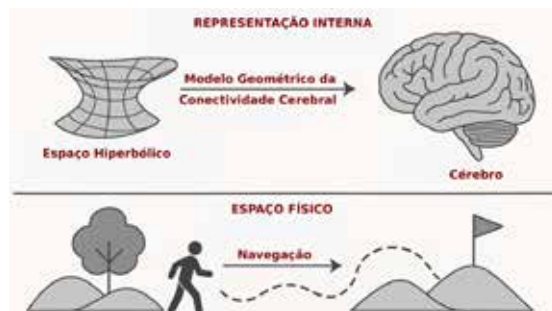


Figura 8. A conectividade interna pode ser modelada, em primeira aproximação, num espaço geométrico hiperbólico, o que ajuda a explicar funções cognitivas

direção da cabeça (*head direction cells*), neurónios que disparam quando a cabeça está orientada numa determinada direção; as células de grelha (*grid cells*), neurónios que disparam em múltiplas localizações, formando um sistema de coordenadas numa grelha hexagonal que cobre todo o ambiente explorado.

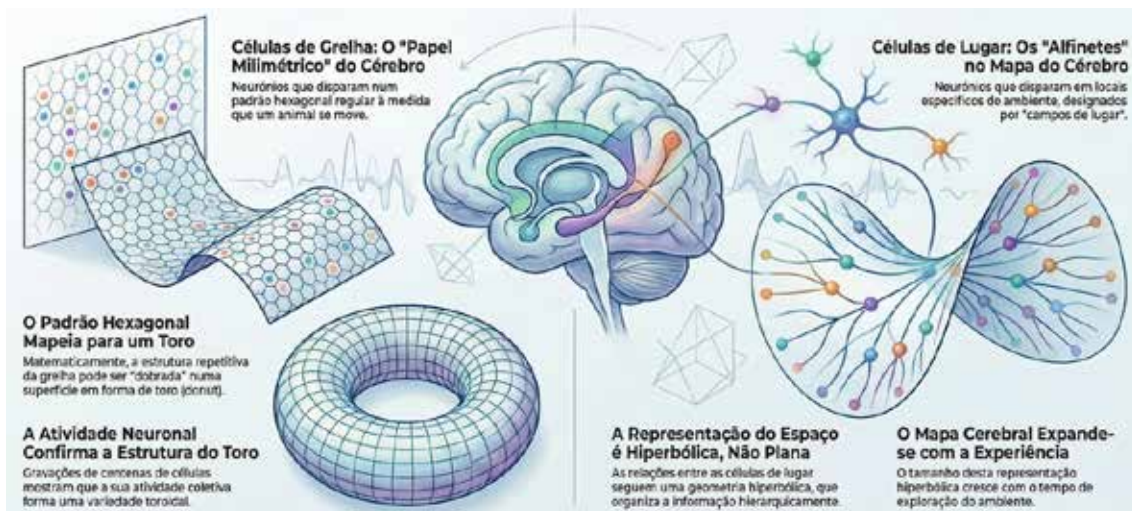


Figura 9. A topologia da navegação neuronal. Devido à sua natureza repetitiva, o padrão de disparo hexagonal das *grid cells* é topologicamente equivalente à superfície de um toro. Esta estrutura cíclica permite ao cérebro representar coordenadas espaciais ilimitadas num mapa neuronal finito e contínuo. À direita, a representação sugere como mapas conceptuais hierárquicos podem adotar uma geometria hiperbólica. (Infografia elaborada pelo autor com base em representação gráfica assistida por IA.)

O padrão hexagonal das grid cells levou ao desenvolvimento de um modelo teórico designado por CAN (*Continuous Attractor Network*), o qual postula que este sistema hexagonal de coordenadas forma um toro — uma superfície contínua e fechada, topologicamente equivalente à superfície de um donut (ver Figura 9). A topologia subjacente não corresponde, portanto, a um plano infinito, mas a uma superfície obtida pela identificação das arestas opostas da rede hexagonal. A passagem da teoria à confirmação empírica ocorreu no estudo fundamental de Gardner et al. (2022), que forneceu evidência experimental da assinatura topológica do toro na atividade de populações neuronais.

Enquanto a navegação⁶ espacial bidimensional pode ser representada topologicamente num toro, a navegação conceptual, envolvendo relações abstratas e hierárquicas — como passar de um conceito para outro por associações, subir e descer em taxonomias (por exemplo, *cão* → *mamífero* → *animal*) ou avaliar proximidades semânticas (*cão* mais próximo de *lobo* do que de *pardal*) — parece ser melhor modelada pela geometria hiperbólica discutida anteriormente. No mesmo espírito, estudos sobre percepção olfativa mostram que a semelhança entre odores — inferida a partir de descrições percetivas e de estatísticas de odores naturais — pode ser representada de forma eficiente num espaço hiperbólico, no qual odores percecionados como semelhantes ficam próximos e diferenças mais finas se

organizam hierarquicamente (Zhou et al., 2018). Tal enquadramento sugere que o cérebro pode operar em diferentes regimes geométricos: euclidiano a nível local e hiperbólico a nível global, em função da natureza da tarefa cognitiva.

Esta dualidade geométrica reforça a ideia de que a estrutura física e a organização conceptual do cérebro emergem de princípios matemáticos complementares: enquanto o toro traduz a periodicidade e continuidade da navegação espacial, o espaço hiperbólico expressa a expansão e hierarquia das representações mentais.

Para além desta descrição espacial, que assenta em fortes evidências experimentais, existe uma perspetiva teórica complementar que interpreta o toro como geometria da própria dinâmica neuronal. Shilnikov & Maurer (2016) consideram populações de neurónios modeladas como osciladores acoplados e mostram que os campos de grelha (*grid fields*) — os padrões espaciais de disparo das *grid cells* — podem ser entendidos como projeções no espaço físico de curvas de reajuste de fase no espaço das oscilações. Neste enquadramento, a topologia de toro não resulta apenas do arranjo dos campos de disparo no espaço físico, mas emerge da organização temporal das fases e das relações de acoplamento entre osciladores, aproximando a geometria da atividade das *grid cells* da teoria geral de sistemas oscilatórios.

⁶Aqui, “navegação” refere-se ao percurso no mapa cognitivo que sustenta o comportamento no espaço físico.

5. Conclusão

A Geometria oferece uma linguagem unificadora para descrever a organização das redes cerebrais. A análise em termos de curvatura negativa e de modelos hiperbólicos mostra que o conectoma não é apenas uma rede física, mas uma estrutura com regularidade matemática própria, onde forma e função se refletem mutuamente. Entre a geometria física — condicionada pelas distâncias reais e pelo custo das fibras — e a geometria latente — codificada em espaços de curvatura negativa — emerge uma arquitetura que torna o cérebro simultaneamente eficiente, flexível e robusto.

Importa salientar que a organização topológica global do conectoma não é estática, mas obedece a uma evolução dinâmica, complexa e adaptativa, marcada por diferentes fases ao longo do ciclo de vida (Mousley et al., 2025). Esta plasticidade estrutural reflete a capacidade do cérebro para se reorganizar geometricamente em resposta ao desenvolvimento, à experiência e à doença.

A arquitetura cerebral resulta de um compromisso entre custo energético e eficiência computacional: as ligações curtas minimizam o custo metabólico, enquanto projeções longas asseguram a integração global da informação. Deste equilíbrio emergem modularidade, hierarquia e capacidade de adaptação, propriedades estruturais essenciais para

o desempenho cognitivo. Neste sentido, podemos, em termos heurísticos, falar de uma “assinatura geométrica” da inteligência biológica, entendida aqui como a capacidade dos sistemas nervosos vivos produzirem comportamentos flexíveis, eficientes e robustos sob fortes restrições físicas e energéticas. Modelos teóricos que representam o conectoma numa geometria latente de tipo hiperbólico sugerem vantagens funcionais importantes: permitem uma navegação da informação altamente eficiente e robusta, em que os sinais podem ser encaminhados com base apenas em informação local sobre as coordenadas dos nós, sem necessidade de conhecer a rede global, e fornecem uma estrutura que concilia, de forma elegante, a segregação funcional — especialização de grupos de regiões em tarefas específicas — com a integração de informação ao nível global.

Esta leitura geométrica e topológica tem também consequências clínicas. Em demências como a doença de Alzheimer e em perturbações como a esquizofrenia, estudos recentes baseados em Análise Topológica de Dados mostram que as redes cerebrais apresentam assinaturas topológicas alteradas — por exemplo cadeias e cavidades que se organizam de forma distinta entre doentes e controlos, tanto ao nível estrutural como funcional (Goodbrake et al., 2024; Xu et al., 2024; Stolz et al., 2021). A TDA fornece precisamente

ferramentas para detetar e quantificar estas ruturas, recorrendo a medidas geométricas e a indicadores topológicos de ordem superior (como cliques e cavidades) que se tornam candidatos naturais a biomarcadores sensíveis à forma global da rede.

Compreender a geometria do conectoma é compreender a forma como o cérebro articula espaço e informação, traduzindo restrições físicas em estruturas de significado. O mapa de ligações sugere que pensar é, também, organizar o espaço — uma expressão geométrica do próprio ato cognitivo. É a confirmação de que, no

estudo do cérebro, provavelmente o sistema mais complexo do universo, a Matemática se revela uma ferramenta não apenas útil, mas verdadeiramente indispensável.

Esta confiança no poder da Matemática para revelar uma camada mais profunda de ordem na natureza foi formulada, no século XIX, por Charles Darwin⁷:

"Tenho lamentado profundamente por não ter prosseguido mais até compreender, pelo menos, alguns dos grandes princípios da Matemática, pois os homens assim dotados parecem possuir um sentido extra."

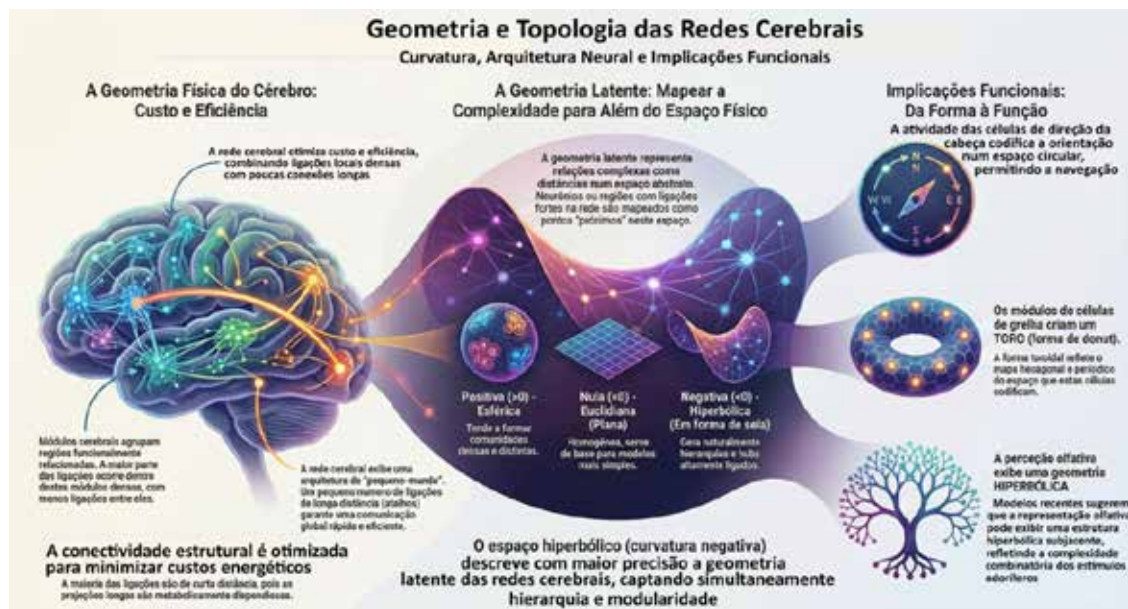


Figura 10. Síntese visual dos principais níveis de descrição da geometria e topologia das redes cerebrais: geometria física (restrições e custos espaciais), geometria latente (curvatura negativa e hierarquia) e implicações funcionais na navegação e integração cognitiva. (Infografia elaborada pelo autor com base em representação gráfica assistida por IA.)

⁷ Charles Darwin, *Autobiography* (texto autobiográfico escrito em 1876; publicado postumamente em *The Life and Letters of Charles Darwin*, ed. Francis Darwin, vol. I, 1887).

Referências

- Bassett, D. S., & Sporns, O. (2017). Network neuroscience. *Nature Neuroscience*, 20(3), 353–364. <https://doi.org/10.1038/nn.4502>
- Curto, C., & Sanderson, N. (2025). Topological neuroscience: Linking circuits to function. *Annual Review of Neuroscience*, 48(1), 491–518. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-112723-034315>
- Dabaghian, Y., Brandt, V. L., & Frank, L. M. (2014). Reconceiving the hippocampal map as a topological template. *eLife*, 3, e03476. <https://doi.org/10.7554/eLife.03476>
- García-Pérez, G., Allard, A., & Boguñá, M. (2019). *Mercator: uncovering faithful hyperbolic embeddings of complex networks*. *New Journal of Physics*, 21(12), 123033. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ab57d2>
- Gardner, R. J., Hermansen, E., Pachitariu, M., Burak, Y., Baas, N. A., Dunn, B. A., Moser, M.-B., & Moser, E. I. (2022). Toroidal topology of population activity in grid cells. *Nature*, 602, 123–128. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04268-7>
- Goodbrake, C., Beers, D., Thompson, T. B., Harrington, H. A., & Goriely, A. (2024). Brain chains as topological signatures for Alzheimer's disease. *Journal of Applied and Computational Topology*, 8, 1257–1298. <https://doi.org/10.1007/s41468-024-00168-7>
- Krioukov, D., Papadopoulos, F., Kitsak, M., Vahdat, A., & Boguñá, M. (2010). *Hyperbolic geometry of complex networks*. *Physical Review E*, 82(3), 036106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.82.036106>
- Mousley, A., Bethlehem, R. A. I., Yeh, F.-C., & Astle, D. E. (2025). Topological turning points across the human lifespan. *Nature Communications*, 16(1), 10055. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-65974-8>
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The Hippocampus as a Cognitive Map*. Oxford: Oxford University Press.
- Perich, M. G., Narain, D., & Gallego, J. A. (2025). A neural manifold view of the brain. *Nature Neuroscience*, 28, 1582–1597. <https://doi.org/10.1038/s41593-025-02031-z>
- Shilnikov, A. L., & Maurer, A. P. (2016). *The Art of Grid Fields: Geometry of Neuronal Time*. *Frontiers in Neural Circuits*, 10, 12. <https://doi.org/10.3389/fncir.2016.00012>
- Sizemore, A. E., Giusti, C., Kahn, A., Vettel, J. M., Betzel, R. F., & Bassett, D. S. (2018). Cliques and cavities in the human connectome. *Journal of Computational Neuroscience*, 44(1), 115–145. <https://doi.org/10.1007/s10827-017-0672-6>
- Sizemore, A. E., Phillips-Cremins, J. E., Ghrist, R., & Bassett, D. S. (2019). The importance of the whole: Topological data analysis for the network neuroscientist. *Network Neuroscience*, 3(3), 656–673. https://doi.org/10.1162/netn_a_00073
- Sporns, O. (2010). *Networks of the Brain*. MIT Press.
- Sporns, O. (2013). The human connectome: Origins and challenges. *NeuroImage*, 80, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.03.023>
- Stolz, B. J., Emerson, T., Nahkuri, S., Porter, M. A., & Harrington, H. A. (2021). Topological data analysis of task-based fMRI data from experiments on schizophrenia. *Journal of Physics: Complexity*, 2(3), 035006. <https://doi.org/10.1088/2632-072X/abb4c6>
- Xu, F. H., Gao, M., Chen, J., Garai, S., Duong-Tran, D. A., Zhao, Y., & Shen, L. (2024). Topology-based clustering of functional brain networks in an Alzheimer's disease cohort. *AMIA Summits on Translational Science Proceedings*, 2024, 449–458.
- Zhang, H., Rich, P. D., Lee, A. K., & Sharpee, T. O. (2023). Hippocampal spatial representations exhibit a hyperbolic geometry that expands with experience. *Nature Neuroscience*, 26(1), 131–139. <https://doi.org/10.1038/s41593-022-01212-4>
- Zhou, Y., Smith, B. H., & Sharpee, T. O. (2018). Hyperbolic geometry of the olfactory space. *Science Advances*, 4(8), eaaq1458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaq1458>

Radioterapia: a física e a biologia aliadas na luta contra o cancro

Rita Alexandra Neto Pestana

Doutoranda em Física Médica na Universidade de Heidelberg, Alemanha
Mestre Engenharia Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

O cancro é uma das principais causas de mortalidade a nível mundial, prevendo-se que a sua incidência aumente cerca de 77% até 2050, impulsionada pelo crescimento e envelhecimento da população e pela maior exposição a fatores de risco (World Health Organization 2024). A radioterapia constitui um dos três pilares fundamentais do tratamento do cancro, a par da cirurgia e das terapias sistémicas (por exemplo, a quimioterapia) (IAEA 2017).

A radioterapia convencional utiliza feixes externos de fótons, cuja principal limitação é a deposição da dose máxima perto da pele. Em contraste, os prótons e iões pesados, como os iões de carbono, apresentam um perfil de deposição de dose que aumenta com a profundidade, atingindo um máximo próximo do final do seu alcance, o chamado pico de Bragg, permitindo uma maior conformidade da distribuição de dose. Contudo, esta propriedade torna os prótons e iões de carbono particularmente sensíveis a alterações anatómicas. Por esse motivo, são frequentemente aplicadas margens de segurança em torno do tumor, o que pode reduzir os benefícios dosimétricos da terapia com partículas. A adaptação do plano de tratamento, com verificação de possíveis alterações anatómicas antes de cada sessão, pode ajudar a minimizar estas margens (Landry e Hua 2018).

Neste artigo, serão apresentados os mecanismos físicos e biológicos da radioterapia, destacando as diferenças entre fótons e iões carregados, bem como as vantagens e desafios associados à adaptação dos tratamentos.

Interação da radiação com a matéria

Propriedades físicas

Os fótons, partículas eletricamente neutras e sem massa de repouso, interagem com a matéria ionizando os seus átomos e transferindo energia através dos elétrons secundários gerados no tecido. Estes elétrons são predominantemente dispersos na direção de propagação dos fótons, originando uma região característica de *build-up*, onde a deposição de energia aumenta até atingir um máximo a poucos centímetros de profundidade. Para lá desta região, a energia depositada decresce aproximadamente de forma exponencial, como ilustrado pela linha a amarelo no gráfico da Figura 1 (Nickoloff 2015). Para otimizar a dose administrada, os tratamentos com fótons recorrem a múltiplos feixes provenientes de diferentes ângulos, obtidos através da rotação de uma *gantry* (Figura 2). Os equipamentos utilizados na administração de tratamentos de radioterapia com fótons são designados por aceleradores lineares, uma vez que aceleram partículas carregadas que, subsequentemente, geram fótons com as energias necessárias para fins terapêuticos.

Os prótons e os íons de carbono, por sua vez, são partículas carregadas positivamente e com massa. A sua interação com a matéria ocorre principalmente através de forças de Coulomb entre a carga positiva das partículas incidentes e os elétrons

atômicos do meio. A perda de energia destas partículas, também designada por poder de paragem, é descrita pela equação de Bethe-Bloch (Bethe 1930; Bloch 1933):

$$\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2}{m_0 v^2} N B$$

$$B \equiv Z \left[\ln \frac{2 m_0 v^2}{I} - \ln \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) - \frac{v^2}{c^2} \right]$$

Onde c representa a velocidade da luz no vácuo; v e z são a velocidade e a carga da partícula incidente, respetivamente; N e Z representam a densidade atômica e número atômico do material absorvente; m_0 é a massa em repouso do elétron; e é a carga elementar do elétron e I é a energia média de excitação do material absorvente, tipicamente determinada experimentalmente.

No regime não relativista, quando a velocidade da partícula incidente v é muito inferior à velocidade da luz c , o poder de paragem é aproximadamente proporcional a $1/v^2$. Isto significa que, à medida que as partículas abrandam, a energia depositada por unidade de comprimento aumenta. Fisicamente, este fenómeno ocorre, porque partículas mais lentas permanecem mais tempo na proximidade dos elétrons do meio, aumentando a transferência de momento e, consequentemente, a perda

de energia. Este aumento progressivo da deposição de energia conduz à formação do chamado pico de Bragg, ilustrado na Figura 1 para protões (linha azul tracejada). Para assegurar a cobertura de toda a profundidade do tumor, utilizam-se feixes de diferentes energias, cuja sobreposição origina o *Spread-Out Bragg Peak* (SOBP), representado a azul.

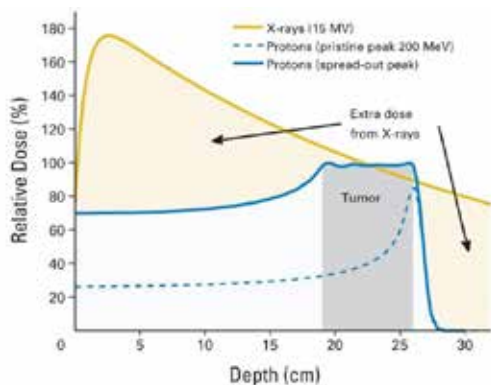


Figura 1 – Comparação da deposição de energia em função da profundidade para fótons (amarelo) e prótons (azul) (Ops 2017).



Figura 2 – Ilustração de um acelerador linear, evidenciando os seus possíveis movimentos. A seta à direita assinala a rotação da gantry (Aleman et al. 2008).

O alcance de uma partícula carregada corresponde à distância que esta percorre num material até parar, dependendo do tipo de partícula, da sua energia inicial e das propriedades do meio absorvente (Schardt 2010).

Efeitos biológicos da radiação

A radioterapia baseia-se no facto de a radiação induzir danos na molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN), impedindo a replicação celular, com o objetivo de eliminar as células cancerígenas. A radiação pode provocar danos diretos nas moléculas de ADN, nomeadamente ruturas de cadeia simples (*single-strand breaks*) e ruturas de cadeia dupla (*double-strand breaks*). Para além disso, pode também originar danos indiretos, através da formação de espécies reativas de oxigénio resultantes da radiólise da água. Estas espécies reativas induzem stress oxidativo, contribuindo para danos adicionais no ADN.

Os efeitos biológicos da radiação dependem fortemente da taxa média de energia depositada por unidade de comprimento, designada por LET (*Linear Energy Transfer*). Os fótons são considerados radiação de baixo LET, depositando pouca energia ao longo da sua trajetória, como ilustrado no lado esquerdo da Figura 3. Por outro lado, os prótons e, sobretudo, os iões de carbono, apresentam um LET elevado, provocando uma ionização mais densa do material absorvente (lado

direito da Figura 3). A Eficácia Biológica Relativa (RBE) da radiação quantifica estas diferenças, sendo definida como a razão entre a dose de uma radiação de referência (tipicamente fótons) e a dose de uma radiação de teste (como prótons ou íons de carbono) necessária para produzir o mesmo efeito biológico. Devido ao seu LET mais elevado, as partículas pesadas apresentam, em geral, um RBE superior a 1. A radiorresistência (isto é, a capacidade das células cancerígenas sobreviverem e continuarem a proliferar apesar dos danos no ADN induzidos pela radiação) constitui uma das principais limitações da radioterapia (Busato, Khouzai, e Mognato 2022).

A dose absorvida administrada a um

tecido é definida como a energia média dE transferida pela radiação ionizante a um elemento de massa dm :

$$D = \frac{dE}{dm} \quad [1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}]$$

A dose é expressa em Gray (Gy). No entanto, em terapia de partículas, esta grandeza não descreve completamente o efeito biológico da radiação, uma vez que, devido ao LET mais elevado, a mesma dose pode induzir um dano biológico superior ao dos fótons. Para ter em conta estas diferenças associadas ao LET, foi introduzido o conceito de dose ponderada pelo RBE (*RBE-weighted dose*), expressa em unidades de Gy (RBE) (Scharadt 2010).

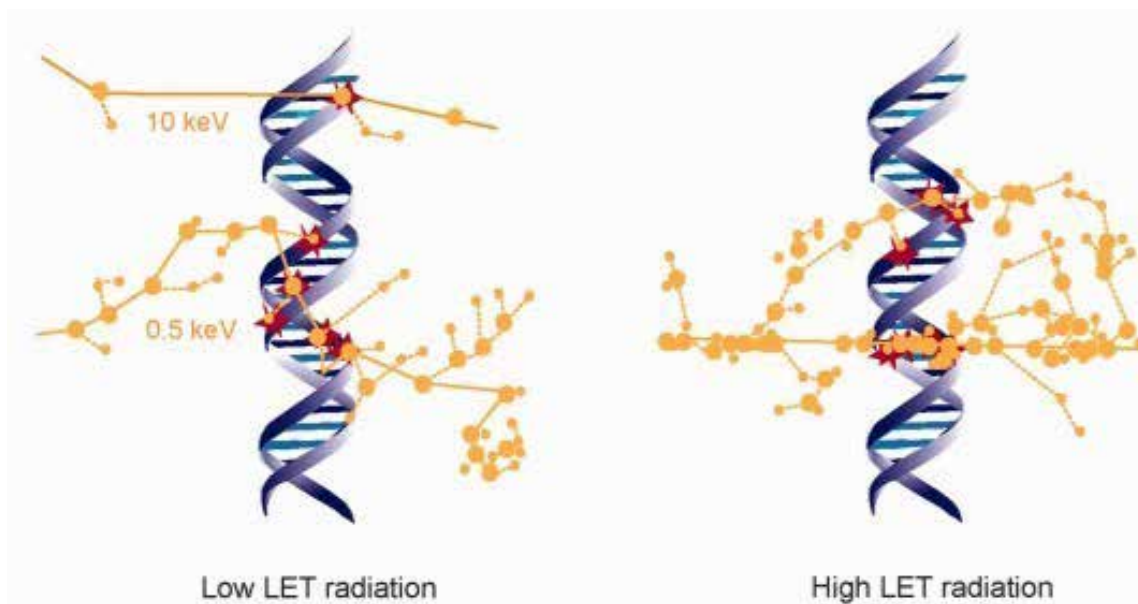


Figura 3 – Ilustração da distribuição de danos no ADN induzida por radiação com baixo (esquerda) e elevado (direita) LET (Schipler e Iliakis 2013).

O processo clínico da radioterapia

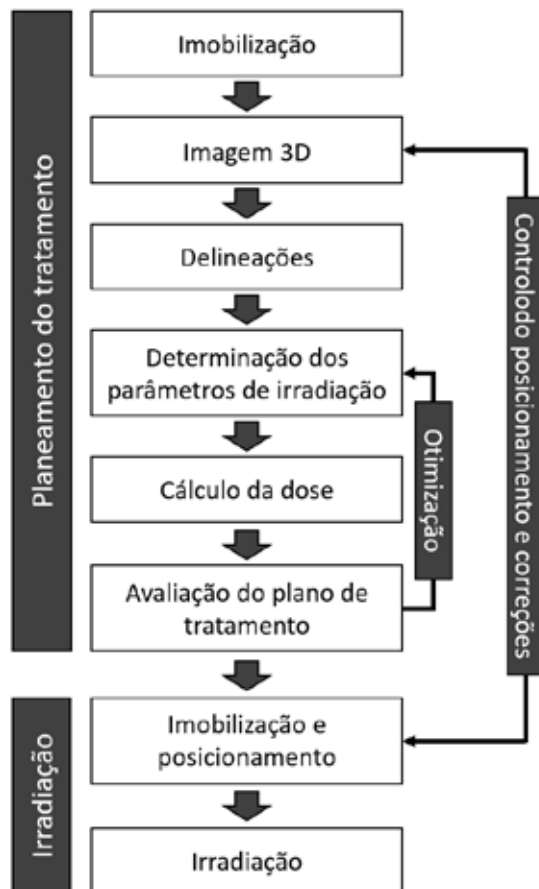


Figura 4 – Resumo do processo clínico dum tratamento de radioterapia (Schlegel, Karger, e Jäkel 2018).

O processo clínico da radioterapia encontra-se ilustrado na Figura 4. Quando a radioterapia é prescrita como parte da estratégia de tratamento, o procedimento inicia-se com o planeamento. Nesta fase, o doente é posicionado recorrendo a dispositivos de imobilização específicos para radioterapia, sendo adquirida uma imagem volumétrica por Tomografia Axial

Computorizada (TAC), ou seja, uma imagem tridimensional. Com base nesta imagem, são delineados os volumes-alvo e os órgãos de risco, definindo-se com precisão as suas fronteiras. De seguida, os parâmetros de tratamento, como os ângulos de incidência dos feixes e as restrições de dose, são estabelecidos e otimizados de forma iterativa, com o objetivo de maximizar a dose no alvo e minimizar a exposição dos tecidos saudáveis. Antes de cada fração de tratamento (irradiação), o doente é novamente posicionado e imobilizado. É utilizado o mesmo *setup* da TAC de planeamento, de modo a garantir a reprodutibilidade da geometria do doente ao longo de todo o tratamento (Schlegel, Karger, e Jäkel 2018).

Imagem em radioterapia

Como mencionado anteriormente, o planeamento de um tratamento de radioterapia baseia-se numa TAC, adquirida no serviço de radioterapia. Para além de fornecer informação anatómica do doente, esta modalidade de imagem disponibiliza também informação quantitativa sobre a densidade eletrónica e o poder de paragem dos tecidos, essencial para os cálculos de dose e para a otimização do plano de tratamento. Modalidades de imagem complementares podem ser integradas para melhorar a definição e caracterização do tumor. A ressonância magnética (RM) oferece um melhor contraste dos tecidos moles, permitindo uma delimitação mais precisa do tumor e

das estruturas adjacentes. Por sua vez, a tomografia por emissão de positrões (PET) fornece informação metabólica e funcional dos tecidos tumorais.

Antes de cada sessão, o doente é inicialmente posicionado na mesa de tratamento com base em marcas de referência na pele. Seguidamente, é adquirida uma imagem – para este efeito, os equipamentos de tratamento dispõem de sistemas de raios X que permitem adquirir imagens bi e tridimensionais. Esta imagem é depois comparada com a imagem de referência do planeamento, a TAC inicial, permitindo efetuar os ajustes necessários – quer movendo o doente, quer movendo a mesa em que o doente está deitado. Caso ainda assim haja discrepâncias significativas entre a imagem adquirida no dia e a imagem de referência (por alteração da anatomia do doente), pode ser necessária a adaptação do tratamento, ou seja, a elaboração de um novo plano de tratamento (Schlegel, Karger, e Jäkel 2018).

Desafios: Adaptação do tratamento

A adaptação do tratamento, designada por radioterapia adaptativa, constitui um dos tópicos mais relevantes na investigação atual em radioterapia. No contexto da radioterapia, podem ocorrer dois tipos principais de variações anatómicas. As variações intrafracionais correspondem a movimentos que ocorrem durante a própria fração de tratamento, tipicamente

à escala de segundos, como é o caso dos movimentos dos intestinos e de outros órgãos do sistema digestivo. Por outro lado, as variações interfractionais dizem respeito a alterações que ocorrem entre diferentes frações, como, por exemplo, o ganho ou a perda de peso (Paganetti et al. 2021). A radioterapia adaptativa visa mitigar estes efeitos, incorporando informação anatómica atualizada ao longo do tratamento (Yan et al. 1997).

A adaptação diária do tratamento implica a execução, antes de cada fração, de todas as etapas do planeamento do tratamento ilustradas na Figura 3, enquanto o doente permanece imobilizado na máquina de tratamento. Este procedimento tem como objetivo minimizar as discrepâncias anatómicas e de posicionamento entre o momento da aquisição da imagem e a administração do tratamento. Após a aquisição da imagem, procede-se à delimitação dos volumes, a qual deve ser posteriormente validada por um médico. Com base nesta informação, é então otimizado um novo plano de tratamento. Seguem-se os procedimentos de controlo de qualidade, necessários para a sua aprovação para uso clínico. Por fim, o doente é tratado com o novo plano, adaptado.

Na radioterapia convencional com fótons, a radioterapia adaptativa já é uma realidade clínica, existindo diversas soluções comerciais amplamente implementadas. Na terapia de partículas,

a radioterapia adaptativa assume um papel ainda mais crítico. Tal como descrito pela equação de Bethe-Bloch, o poder de paragem dos iões utilizados no tratamento depende fortemente das propriedades do material atravessado. Esta característica representa simultaneamente uma vantagem e um desafio: pequenas variações anatómicas ao longo do trajeto do feixe podem originar alterações relevantes no alcance das partículas, potencialmente comprometendo os resultados do tratamento. Neste contexto, a radioterapia adaptativa constitui uma ferramenta essencial para maximizar os benefícios dosimétricos da terapia de partículas. Contudo, a elevada sensibilidade destas partículas exige também um nível de precisão acrescido na adaptação do tratamento. Avanços recentes nas tecnologias de imagem e nas capacidades tecnológicas têm impulsionado progressos significativos nesta área, culminando no tratamento do primeiro doente com adaptação diária em terapia de protões, realizado em 2024 no Paul Scherrer Institute (PSI), na Suíça (Albertini et al. 2024).

Apesar das vantagens da radioterapia adaptativa em termos de cobertura do tumor e de preservação dos órgãos de risco, é importante salientar que este procedimento implica um esforço clínico adicional. Este aumento de exigência traduz-se quer no maior tempo de utilização dos equipamentos de tratamento, uma vez que o doente

permanece imobilizado enquanto o plano é adaptado, quer na necessidade acrescida de recursos humanos especializados, dado que os órgãos têm de ser novamente delineados e um novo plano de tratamento é definido. Como consequência, observa-se uma diminuição do número de doentes tratados por instituição. A quantificação dos benefícios reais da radioterapia adaptativa, tendo em conta este compromisso entre a qualidade do plano e a capacidade de tratamento, é atualmente objeto de investigação. Neste contexto, o futuro deverá passar por uma maior automatização das tarefas envolvidas neste processo, nomeadamente através da utilização de inteligência artificial. Tal permitirá oferecer tratamentos mais personalizados e adaptados às necessidades de cada doente, sem comprometer a eficiência e a capacidade dos serviços de radioterapia.

Bibliografia

Albertini, Francesca, Katarzyna Czerska, Miriam Vazquez, Ilija Andaca, Barbara Bachtary, Rico Besson, Alessandra Bolsi, et al. 2024. «First Clinical Implementation of a Highly Efficient Daily Online Adapted Proton Therapy (DAPT) Workflow». *Physics in Medicine & Biology*. doi:10.1088/1361-6560/ad7cbd.

Aleman, Dionne M., Arvind Kumar, Ravindra K. Ahuja, H. Edwin Romeijn, e James F. Dempsey. 2008. «Neighborhood Search Approaches to Beam Orientation Optimization in Intensity Modulated Radiation Therapy Treatment Planning». *Journal of Global Optimization* 42(4): 587–607. doi:10.1007/s10898-008-9286-x.

Bethe, H. 1930. «Zur Theorie Des Durchgangs Schneller Korpuskularstrahlen Durch Materie». *Annalen der Physik* 397(3): 325–400. doi:10.1002/andp.19303970303.

Bloch, F. 1933. «Zur Bremsung rasch bewegter Teilchen beim Durchgang durch Materie». *Annalen der Physik* 408(3): 285–320. doi:10.1002/andp.19334080303.

Busato, Fabio, Badr El Khouzai, e Maddalena Mognato. 2022. «Biological Mechanisms to Reduce Radioresistance and Increase the Efficacy of Radiotherapy: State of the Art». *International Journal of Molecular Sciences* 23(18): 10211. doi:10.3390/ijms231810211.

IAEA. 2017. *Radiotherapy in Cancer Care*. Vienna: IAEA.

Landry, Guillaume, e Chia-Ho Hua. 2018. «Current State and Future Applications of Radiological Image Guidance for Particle Therapy». *Medical Physics* 45(11): e1086–95. doi:10.1002/mp.12744.

Nickoloff, Jac A. 2015. «Photon, Light Ion, and Heavy Ion Cancer Radiotherapy: Paths from Physics and Biology to Clinical Practice». *Annals of Translational Medicine* 3(21): 336. doi:10.3978/j.issn.2305-5839.2015.12.18.

Ops, Dev. 2017. «Proton-Beam Therapy Versus Photon-Beam Therapy: The Debate Continues». ILCN.org (ILCN/WCLC). <https://www.ilcn.org/proton-beam-therapy-versus-photon-beam-therapy-the-debate-continues/> (17 de abril de 2026).

Paganetti, Harald, Pablo Botas, Gregory C. Sharp, e Brian Winey. 2021. «Adaptive Proton Therapy». *Physics in Medicine and Biology* 66(22). doi:10.1088/1361-6560/ac344f.

Schardt, Dieter. 2010. «Heavy-ion tumor therapy: Physical and radiobiological benefits». *Reviews of Modern Physics* 82(1): 383–425. doi:10.1103/RevModPhys.82.383.

Schipler, Agnes, e George Iliakis. 2013. «DNA Double-Strand-Break Complexity Levels and Their Possible Contributions to the Probability for Error-Prone Processing and Repair Pathway Choice». *Nucleic Acids Research* 41(16): 7589–7605. doi:10.1093/nar/gkt556.

Schlegel, Wolfgang, Christian P. Karger, e Oliver Jäkel, eds. 2018. *Medizinische Physik: Grundlagen – Bildgebung – Therapie – Technik*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-662-54801-1.

World Health Organization. 2024. «Global Cancer Burden Growing, amidst Mounting Need for Services». <https://www.who.int/news/item/01-02-2024-global-cancer-burden-growing--amidst-mounting-need-for-services> (10 de fevereiro de 2026).

Yan, D., F. Vicini, J. Wong, e A. Martinez. 1997. «Adaptive Radiation Therapy». *Physics in Medicine and Biology* 42(1): 123–32. doi:10.1088/0031-9155/42/1/008.

Social Media and Big Tech are ‘ruling’ the Rule of Law

Teresa Peralta

Mestre em Gestão de Crise e Segurança com especialização em Governança da Cibersegurança,
Universidade de Leiden, Faculty of Governance and Global Affairs
Especialista em Segurança da Informação
Centro Nacional de Cibersegurança

Disclaimer: This article was originally written in 2023 as part of my Portfolio Defense in the Masters of Science - Crisis and Security Management with specialisation in Cyber Security Governance at Leiden University. This was an article written for the track denominated as “Digital Justice” under the supervision of the Dr. Els De Busser.

As of 2025, relevant global trends concerning the Rule of Law have not fundamentally changed. According to the World Justice Project’s Rule of Law Index 2025, the global Rule of Law continues to weaken, with approximately 68 % of countries recording declines in their overall Rule of Law performance, an increase from 57 % the previous year, reflecting an ongoing recession in Rule of Law adherence worldwide (World Justice Project, 2025). This decline has been driven largely by reduced constraints on government powers, shrinking civic space, and deteriorations in fundamental rights, including freedoms of expression and privacy. The continued erosion of democratic norms and civil liberties worldwide supports the concerns raised in this article about the impacts of social media and big tech on the Rule of Law.

EXECUTIVE SUMMARY

The rule of law has declined over the past five years, and this article aims to analyse and justify the role of social media and big tech in this deterioration. There are strong reasons to believe that these actors are undermining it by disregarding fundamental human rights through the operation of their platforms. In particular, data privacy is increasingly becoming a critical issue on social media platforms, as these companies appear incapable of complying with data protection laws. Additionally, unlawful government hacking has become a frequent practice due to the provision of services by big tech to intelligence agencies and governments, enabling infringements on citizens’ rights to privacy and freedom of expression.

In contemporary society, social media networks and major technology companies hold greater power over society's data than the users of the platforms themselves, creating a significant risk of misuse and abuse of personal data. This power is capable of influencing political decisions, as social media platforms can limit the dissemination of information online and restrict users' freedom of opinion, making publicly available only what they consider advantageous for profit. Consequently, these companies pose a threat to the Rule of Law, as they demonstrate an authoritarian level of decision-making over users' rights while disregarding fundamental human rights.

ACRONYMS

RoL: Rule of Law

WJP: World Justice Project

UN: United Nations

EC: European Commission

ICO: Information Commissioner's Office

OHCHR: Office of the High Commissioner for the Human Rights

CA: Cambridge Analytica

API(s): Application Programming Interface(s)

INTRODUCTION

Contemporary society has undergone significant transformation over the past decade, marked by global economic growth and increased access to education (WJP, n.d.). Technological advancements in recent years are widely recognised as a key driver of progress across economic, health, and educational sectors, delivering substantial benefits to society as a whole (United Nations, n.d.). However, this rapid pace of technological development has also given rise to multiple security and privacy concerns, with social media and big tech increasingly compromising and undermining the Rule of Law (RoL) at a global level (Dumbrava, 2021).

This article aims to examine why the technological sector, particularly social media platforms and big tech companies, are perceived as a threat to the RoL, through the analysis of corroborative academic literature and case studies. This article focuses on three specific impacts through which social media and big tech influence democratic systems: 1) the misuse of data and its implications for data privacy; 2) government hacking as a form of surveillance, creating chilling effects on multiple human rights beyond the right to privacy; and 3) the role of social media and big tech as arbitrary decision-makers in relation to freedom of speech.

To ensure a clearer understanding of the impacts and risks this issue poses to society, it is first necessary to define the concept of the RoL. The RoL is a principle of governance in which all individuals, entities, and organisations (both public and private), including the State, are held accountable to publicly disclosed laws that are enforced and adjudicated equally and independently, in accordance with international human rights standards (World Justice Project, n.d.). This principle requires measures to guarantee compliance with the supremacy of the law, equality before the law, accountability, fairness in the application of the law, separation of powers between the executive, legislative, and judicial branches, legal certainty, procedural and legal transparency, and the avoidance of arbitrariness (United Nations, n.d.). Consequently, this constitutes an essential foundation for a fair, resilient, stable, social, and economic environment (European Commission, 2022).

According to the World Justice Project (n.d.), the Rule of Law has declined globally for five consecutive years, with the erosion of fundamental human rights representing one of the primary concerns associated with this decline. In fact, fundamental rights deteriorated in two-thirds of the countries assessed in 2022 (WJP, 2022). As a result, the technological industry has played a significant part in the deterioration of human rights, often without citizens' awareness. Society has become increasingly reliant on mobile devices

and digital platforms, making it difficult to recognise the potential harm such technologies can cause. This article seeks to provide a comprehensive examination of how the technological sector violates human rights and is likely to continue doing so in the coming years, thereby posing an ongoing threat to Law-governed systems.

2. METHODOLOGY

This article is based on secondary sources of data, specifically peer-reviewed journals, academic books, reports published on governmental websites, and databases from international organisations and supervisory authorities. This library-based approach consists of accessible empirical analyses retrieved from institutions such as the United Nations (UN), the Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR), the European Commission (EC), the Information Commissioner's Office (ICO), Privacy International, Amnesty International, and the World Justice Project (WJP), among others.

The case studies included in this article were carefully selected to enhance the relevance of the issues discussed and were retrieved from reliable sources, such as the ICO and Amnesty International. The article initially provides a brief definition of social media and big tech, followed by an analysis of the data privacy challenges posed by these actors in relation to the RoL, using the Cambridge Analytica scandal as a case study.

Furthermore, the article examines how big tech and social media function as gatekeepers in relation to government hacking and as arbitrary decision-makers with regard to freedom of speech and access to information, illustrated through the example of the Pegasus spyware. Finally, the conclusion outlines the reasons why social media and big tech constitute a significant threat to the Rule of Law, drawing together and analysing the key arguments presented throughout the Literature Review section.

3. LITERATURE REVIEW

I. Social media and big tech definitions

The human desire to communicate, combined with advances in digital technology, has driven the rise of social media. Social media can be described as a form of electronic communication through which users create online communities to share messages, ideas, information, and other types of content.

Social media platforms initially emerged with the aim of providing users with applications and information that met their needs (Obar and Wildman, 2015). For instance, LinkedIn has transformed professional networking by offering users an accessible way to connect with hiring managers and apply for employment opportunities based on their online profiles. Similarly, platforms such as Facebook, WhatsApp, and Instagram

entered the market by revolutionising the way individuals connect and communicate, enabling users to share content instantly while expressing their ideas and opinions through these platforms (Lutkevich, n.d.).

Big tech is a term commonly used to refer to the most powerful and influential technological corporations. These companies are widely recognised and extensively used by the public and include, among others, Google, Amazon, Microsoft, Meta, and Apple (Hawley, 2021). Collectively, they are considered to dominate the technology industry, with several of them owning and operating major social media platforms.

It is, however, important to distinguish between social media and big tech. Social media refers to digital technologies designed to facilitate content sharing and the dissemination of information, whereas big tech denotes the large, powerful technological corporations within which many social media platforms were created and developed. An example of this distinction is Meta, which owns and operates platforms such as WhatsApp and Facebook (SDIA, 2022).

II. Social media and big tech as 'unprotected' service providers

The Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR) stated in 2022 that digital technologies present unprecedented challenges to the protection

of human rights, societal security, and democracy. This is largely due to inadequate data protection practices that fail to meet legal standards, resulting in social media platforms and big tech companies exercising extensive control over the collection, use, and processing of individuals' data (Bryant, 2022).

As noted by Clive Humby in 2006, data has become the “new oil” of the twenty-first century, fueling technological development while requiring consumers to expose increasing aspects of their private lives. This process enables data-driven companies to shape socio-economic behaviour in line with business models designed around the management of personal information (Bridle, 2018).

Technology companies are progressively acquiring a monopoly over the vast amounts of information derived from individuals' public and private lives. However, this concentration of data power often diverges from the legal bases established for lawful data processing, which typically rely on the informed consent of data subjects (European Data Protection Board, 2020). Social media platforms now offer highly effective tools for monitoring and tracking individuals' activities, personal and non-personal data, social connections, and political views, thereby significantly undermining data privacy (Tiku, 2018).

Furthermore, personal data is increasingly being requested and accessed by

governments and law enforcement authorities in illegitimate ways for purposes of surveillance and government hacking. Such practices conflict with Article 8 of the European Convention on Human Rights (ECHR), which guarantees every individual the right to respect for private and family life (ECHR, n.d.).

II. A. The Cambridge Analytica scandal

The Cambridge Analytica (CA) scandal represents a clear example of how social media and big tech pose a growing threat to the Rule of Law through the exploitation of users' data and the violation of data protection standards. Cambridge Analytica unlawfully misused worldwide Facebook users' personal data, which had initially been collected for legitimate academic purposes. The company exploited the access granted to app developers through Facebook's Version 1 APIs, which permitted access to users' friends' data, enabling the collection of both users' and their friends' information to construct targeted models for political campaigning during the 2016 United States election (Privacy International, 2019).

The categories of data collected included dates of birth, profile locations, names, genders, profile photographs, tagged photos, liked pages, email addresses, Facebook friends lists, and posts published by users and their friends (ICO, 2018). Upon discovery, it was estimated that approximately 87 million individuals'

personal data had been accessed through the fraudulent application and subsequently transferred, modelled, and filtered to meet the requirements of political profiling and targeting in the United States (Hinds et al., 2020).

Following the investigation, the Information Commissioner's Office (ICO), the United Kingdom's supervisory authority, concluded that these practices constituted serious breaches of data protection principles and legislation (ICO, 2018). Under the General Data Protection Regulation (GDPR), the Cambridge Analytica case violated several provisions, including Article 5(1)(a), which requires personal data to be processed lawfully, fairly, and transparently; Article 6(1)(a), which establishes the requirement for a lawful basis for data processing, which was not obtained by Cambridge Analytica; and Article 6(1)(f), concerning legitimate interests, which was not satisfied in the context of political advertising. Additionally, Article 9(1), which restricts the processing of special categories of personal data - such as political opinions - to cases involving explicit consent, was breached. Finally, Articles 12(1), 13(1), and 14(1), which impose obligations to inform data subjects about the processing of their personal data, were also violated, as no such information was provided by Cambridge Analytica (Privacy International, 2019).

The ICO (2018) further emphasised Facebook's significant failure to prevent the misuse of its users' personal data,

noting the absence of due diligence when the app developer altered both the name and the terms and conditions of the application. This case illustrates the inability of big tech companies such as Facebook to effectively monitor the legality of data processing conducted by third-party developers and to ensure compliance with data protection principles enforced by supervisory authorities (Criddle, 2020; Kirst, 2021).

The example discussed above demonstrates how easily social media platforms and big tech companies can undermine data privacy through non-compliance with established regulatory principles. It is therefore essential to consider the broader societal consequences of such incidents, which may represent only the tip of the iceberg. For instance, the unlawful exposure of data belonging to 87 million individuals - including political opinions, religious beliefs, addresses, names, dates of birth, and social connections, could have facilitated distribution on the dark web for criminal purposes such as mass blackmail or discrimination. Such activities have the potential to endanger the security of specific groups of citizens and, consequently, threaten societal security as a whole (EPIC, n.d.).

III. Social media and big tech as a gatekeeper to government hacking

In addition to the concerns discussed above, big tech companies have demonstrated an increasing tendency to provide government bodies with the means to access and interfere with citizens' digital devices.

This practice, commonly referred to as government hacking, constitutes a form of state surveillance that also poses significant risks to both individual privacy and societal security (Privacy International, n.d.). Government hacking is considerably more intrusive than traditional surveillance methods, as it allows authorities to remotely and covertly access electronic devices and all the sensitive data they contain.

Through this method, governments are able to conduct extensive monitoring activities, including the covert activation of a device's microphone, camera, or GPS tracking functions, as well as the continuous recording of screenshots or monitoring of all data entered into or produced by the device (Privacy International, n.d.). In addition, government hacking enables authorities to manipulate data by deleting, altering, or planting information, and even retrieving data that had previously been erased, often without leaving any trace of intrusion.

In this context, governments across the

world are increasingly relying on hacking techniques to enhance the effectiveness of their surveillance capabilities (Gurijala, 2021). This widespread adoption raises serious concerns regarding the legality, necessity, and proportionality of such practices, particularly in light of the protections afforded by data protection and human rights frameworks.

III. A. The Pegasus spyware case

As an illustration of the issues discussed above, this article examines the Pegasus spyware, developed by one of the leading cybersecurity companies worldwide, the NSO Group. Pegasus is a zero-click spyware that can be remotely installed on targeted mobile devices without any action from the user. It has been used to target citizens, journalists, human rights activists, diplomats, and members of the judiciary, allowing access to microphones and cameras and enabling the extraction of all data stored on the device, including photographs, messages, contact lists, social media content, and other forms of private information (OCCRP, 2021).

It is known that various governments, law enforcement bodies, and intelligence agencies have purchased and deployed this spyware to hack targeted individuals' mobile devices, resulting in the victimisation of approximately 50,000 people worldwide (Amnesty International, 2016). The scale and scope of this surveillance activity raise serious concerns regarding the

protection of fundamental rights and the accountability of both states and private technology companies involved in the development and sale of such tools.

Article 12 of the Universal Declaration of Human Rights states that no individual shall be subjected to arbitrary interference with their privacy, family, home, or correspondence, and that everyone has the right to legal protection against such interference. Furthermore, Article 19 guarantees the right to freedom of opinion and expression without interference (United Nations, n.d.). The Pegasus spyware case provides a clear illustration of how technology companies are capable of developing products that directly interfere with these universally recognised rights (European Parliament, 2023).

In this context, it can be argued that social media platforms and big tech companies are facilitating mass state surveillance, in which citizens are prevented from exercising their rights to privacy and freedom of expression through the use of their own personal devices. Moreover, the development and distribution of such spyware enables governments to access citizens' data without adequate oversight or accountability, often in violation of the principles of necessity, proportionality, and legality established by data protection authorities and international legal frameworks governing the Rule of Law (OECD, 2022).

Finally, it is important to recognise the broader implications of such practices. As reported by the European Union in 2021, the use of Pegasus spyware can generate chilling effects on a range of fundamental rights, including freedom of assembly, the right to dignity, freedom of religion, and the rights to psychological and physical integrity. When considered in its entirety, the persistent violation of human rights may foster a pervasive climate of fear among citizens, discouraging trust in digital technologies and creating uncertainty regarding how governments may exploit data accessed through online platforms (Amnesty International, 2021).

IV. The power of social media and big tech as regulators of freedom of speech and information

Further research demonstrates that big tech companies and social media platforms increasingly challenge the law due to their profit-driven objectives, often disregarding the broader implications such services may have for democratic systems. These studies highlight the substantial power these companies possess to self-regulate their own activities, including decisions regarding the development and commercialisation of products that may infringe international human rights standards (Sooriyakumaran and Farthing, 2021).

In a press briefing published in 2021, the Office of the High Commissioner

for Human Rights (OHCHR) stated that social media platforms and technology corporations exert significant influence over governmental decisions that are essential to the application of the RoL, particularly through their control over the dissemination of information online. These companies determine the nature of information circulating on digital platforms, whether it is accurate, harmful, misleading, or simply reflective of individuals' personal opinions (UN Human Rights Office, 2021).

Social media platforms and big tech companies possess the power to decide what users are able to see and access, thereby restricting the right to freedom of opinion and expression, as well as the right to be informed. By exercising regulatory authority over what information is publicly disclosed to communities, these companies indirectly influence political attitudes and, consequently, future political decisions. This influence can extend to the shaping of legislation and regulatory frameworks governing society, giving rise to issues of arbitrariness that, as identified by the World Justice Project (n.d.), pose a serious threat to the RoL at a global level (Sooriyakumaran and Farthing, 2021).

Furthermore, the absence of a global embargo on the sale and deployment of surveillance technologies such as spyware allows the surveillance industry to continue operating in a largely unregulated manner. This permits governments, law enforcement agencies, and intelligence services to

unlawfully access and exploit individuals' most intimate data (Privacy International, 2020). Such practices threaten Law-governed systems, as big tech companies continue to develop and distribute products that enable unfair, unnecessary, and disproportionate intrusions. Moreover, these companies are granted extensive discretionary power to determine what citizens may express and access online, thereby restricting freedom of expression and freedom of information (CDDG, 2021). As experts warn, this erosion of trust in digital technologies may result in what has been described as "a very violent form of censorship", leaving individuals fearful, isolated, and disengaged from their communities (Amnesty International, 2022).

CONCLUSION

Social media platforms and big tech companies continue to exploit data subjects' personal information in pursuit of profit. These actors have repeatedly demonstrated inadequate compliance mechanisms for safeguarding information security and protecting users' data (Sooriyakumaran and Farthing, 2021). At the same time, they persist in developing technologies and services that undermine international human rights standards established by the United Nations as fundamental to the stability and effectiveness of the RoL worldwide.

The Rule of Law is inherently threatened

when individuals' fundamental human rights are systematically undermined and violated. Based on the analysis presented in the Literature Review, there is little doubt that social media platforms and big tech companies pose a significant threat to general law-governed society due to the numerous human rights violations associated with their practices over recent years. In addition, these companies have demonstrated substantial shortcomings in complying with data protection principles required by law and essential to the proper functioning of the Rule of Law.

The Cambridge Analytica scandal offered critical insight into how easily big tech companies can unlawfully process the personal data of millions of individuals over extended periods, thereby breaching multiple provisions of data protection legislation (ICO, 2018). Furthermore, Facebook's failure to recognise the Cambridge Analytica incident as a data breach highlights its insufficient commitment to protecting users' personal data, reinforcing the argument that such practices endanger democratic processes by disregarding legal obligations (Cadwalladr and Graham-Harrison, 2018).

The Literature Review also revealed the risks imposed on society by technology companies through the provision of spyware products to governments and intelligence agencies, as illustrated by the Pegasus case. By supplying tools capable of facilitating unlawful, unnecessary, and

disproportionate surveillance, technology companies take actions that directly undermine the Legal and Institutional order. Their failure to adhere to regulations governing the interception and collection of users' data places individuals at heightened risk of malicious targeting and abuse. As exemplified by Pegasus, the continued provision of such services without proper judicial authorisation or transparent oversight mechanisms will result in the ongoing erosion of fundamental rights and the escalation of chilling effects across society.

In conclusion, social media platforms and big tech companies can be said to be 'ruling' the Rule of Law, as regulatory power increasingly shifts into the hands of private entities that continuously have seen eroding human rights (Kirst, 2021). By influencing governmental behaviour and facilitating unlawful practices, these companies act in direct contradiction to the principles underpinning the Rule of Law, while simultaneously restricting individuals' ability to freely express opinions and access information. As reflected throughout this article, privacy is often only valued once it has been lost and, based on the trends analysed, this loss may occur sooner than expected.

References

- Amnesty International. (July 18, 2022). *The Pegasus Project: One year on, spyware crisis continues after failure to clamp down on surveillance industry*. Amnesty International. <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2022/07/the-pegasus-project-one-year-on-spyware-crisis-continues-after-failure-to-clamp-down-on-surveillance-industry/>
- Amnesty International. (March 23, 2022). *The Pegasus Project: How Amnesty Tech uncovered the spyware scandal* – new video. Amnesty International. <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2022/03/the-pegasus-project-how-amnesty-tech-uncovered-the-spyware-scandal-new-video/>
- Amnesty International. (October 6, 2020). *When is targeted surveillance wrong?*. Amnesty International. <https://www.amnesty.org/en/latest/campaigns/2020/10/stopspying/>
- Bandura, R., Leal, E. (July 2018, 2022). *The Digital Literacy Imperative*. Center for Strategic and International Studies. <https://www.csis.org/analysis/digital-literacy-imperative>
- Bridle, J. (July 17, 2018). *Opinion: data isn't the new oil - it's the new nuclear power*. Ideas.tech.com. <https://ideas.ted.com/opinion-data-isnt-the-new-oil-its-the-new-nuclear-power/>
- Bryant, J. (April 12, 2022). *FTC chair touts 'interdisciplinary approach' to data privacy, security*. International Association of Privacy Professionals. <https://iapp.org/news/a/ftc-chair-touts-interdisciplinary-approach-to-data-privacy-security/>
- (Hosein, G.). (March 21, 2022). *NSO Group: Civil society's battle against government hacking*. [AudioPodcast]. PrivacyInternational. <https://privacyinternational.org/video/4808/nso-group-civil-societys-battle-against-government-hacking>
- CDDG. (July 26, 2021). *Study on the impact of digital transformation on democracy and good governance*. European Committee on Democracy and Governance. <https://rm.coe.int/study-on-the-impact-of-digital-transformation-on-democracy-and-good-go/1680a3b9f9>
- Criddle, C. (October 28, 2020). *Facebook sued over Cambridge Analytica data scandal*. BBC News. <https://www.bbc.com/news/technology-54722362>
- Dumbrava, C. (2021). *Key social media risks to democracy. Risks from surveillance, personalisation, disinformation, moderation and microtargeting*. European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2021/698845/EPRS_IDA\(2021\)698845_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2021/698845/EPRS_IDA(2021)698845_EN.pdf)
- Electronic Privacy Information Center. (n.d.). *Social Media Privacy*. EPIC.org. <https://epic.org/issues/consumer-privacy/social-media-privacy/>
- European Commission. (2024). *2024 Rule of Law report: The Rule of Law situation in the European Union*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/policies/justice-and-fundamental-rights/upholding-rule-law/rule-law/rule-law-mechanism/2024-rule-law-report_en
- European Commission. (2022). *2022 Rule of Law report*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/policies/justice-and-fundamental-rights/upholding-rule-law/rule-law/rule-law-mechanism/2022-rule-law-report_en
- European Commission. (2021). *2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0118&rid=4>
- European Data Protection Board. (May 4, 2020). *Guidelines 05 / 2020 on consent under Regulation 2016/679*. EDPB. https://edpb.europa.eu/sites/default/files/files/file1/edpb_guidelines_202005_consent_en.pdf
- European Parliament. (January, 2023). *The impact of Pegasus on fundamental rights and democratic processes*. Policy Department for Citizens' Rights and Constitutional Affairs Directorate-General for Internal Policies. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/740514/IPOL_STU\(2022\)740514_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/740514/IPOL_STU(2022)740514_EN.pdf)
- Farthing, R., & Sooriyakumaran, D. (2021). *Why the Era of Big Tech Self-Regulation Must End*. AQ: Australian Quarterly, 92(4), 3–10. <https://www.jstor.org/stable/27060078>
- Gurijala, B. (August 9, 2021). *What is Pegasus? How Surveillance Spyware Invades Phones*. Scientific American. <https://www.scientificamerican.com/article/what-is-pegasus-how-surveillance-spyware-invades-phones/> QuelloCenter Working Paper 2663153

- Hawley, J. (2021, May 4). The Tyranny of Big Tech. https://books.google.nl/books?id=z_oVEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=nl&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Hinds, J., Williams J., E., Joinson, A. (April 10, 2020). "It wouldn't happen to me": Privacy concerns and perspectives following the Cambridge Analytica scandal. *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 143, 2020, ISSN 1071-5819, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102498> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581920301002>
- Kirst, N. (2021). *Big Tech, The Rule of Law and Democracy*, *Dublin City University*. https://fide2020.eu/wp-content/uploads/2021/12/III-2Niels-Kirst-Big-Tech-Rule-of-Law-Democracy_Kirst.pdf
- Lutkevich. (n.d.) *What is social media?* TechTarget. Whatis.com. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/social-media>
- Obar, J.A. and Wildman, S. (2015). Social media definition and the governance challenge: An introduction to the special issue. *Telecommunications policy*, 39(9), 745-750.
- OCCRP. (July 18, 2021). *How Does Pegasus Work?* Organized Crime and Corruption Report Project. <https://www.occrp.org/en/the-pegasus-project/how-does-pegasus-work>
- OECD. (December 14, 2022). Declaration on Government Access to Personal Data Held by Private Sector Entities. Organization for Economic Co-operation and Development. <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0487>
- OHCHR. (April 25, 2022). Human rights and democracy in the digital age. Office of the High Commissioner of the Human Rights. <https://www.ohchr.org/en/statements/2022/04/human-rights-and-democracy-digital-age>
- OHCHR. (July 23, 2021). Moderating online content: fighting harm or silencing dissent?. United Nations. <https://www.ohchr.org/en/stories/2021/07/moderating-online-content-fighting-harm-or-silencing-dissent>
- Privacy International. (n.d.). *Government Hacking*. <https://privacyinternational.org/learn/government-hacking>
- Privacy International. (April 30, 2019). Cambridge Analytica, *GDPR - 1 year on - a lot of words and some action*. <https://privacyinternational.org/news-analysis/2857/cambridge-analytica-gdpr-1-year-lot-words-and-some-action>
- Sustainable Digital Infrastructure Alliance (SDIA). (2022). *Definition for Big Tech*. <https://sdialliance.org/dictionary/big-tech/>
- Tiku, N. (May 1, 2018). *Are Google and Facebook undermining Europe's privacy rules?* Wired.com. <https://www.wired.com/story/are-google-and-facebook-undermining-europes-privacy-rules/>
- UN Human Rights Office. (July 14, 2021). Press briefing: Online content moderation and internet shutdowns. https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Press/Press_briefing_140721.pdf
- United Nations. (n.d.). Universal Declaration of Human Rights. UN. <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights>
- United Nations. (n.d.). What is the Rule of Law. <https://www.un.org/ruleoflaw/what-is-the-rule-of-law/>
- World Health Organization. (2021). Global strategy on digital health 2020-2025. WHO. <https://www.who.int/docs/default-source/documents/gdhd2020-2025.pdf>
- World Justice Project (n.d.). What is the Rule of Law? <https://worldjusticeproject.org/about-us/overview/what-rule-law>
- World Justice Project. (2025). WJP Rule of Law index 2025: Global press release. World Justice Project. <https://worldjusticeproject.org/news/wjp-rule-law-index-2025-global-press-release>

DOS CUIDADOS CENTRADOS NA PESSOA À EXPERIÊNCIA DO DOENTE: A EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE CUIDADOS DE SAÚDE

Eduarda Pedrosa, Engenheira Biomédica

Gestora de Projeto na Siemens Healthineers Portugal

Quando sei que tenho de ir ao hospital sinto...

- ☐ Entusiasmo
- ☐ Tranquilidade
- ☐ Medo
- ☐ Ansiedade

Não é preciso um estudo com centenas de questionários para antecipar a resposta mais comum. Muito provavelmente, a maioria de nós escolheria medo ou ansiedade. Isto não é apenas uma perceção individual, mas quase uma resposta coletiva construída ao longo do tempo. Por um lado, resulta do valor extremo que atribuímos à nossa saúde e às possíveis consequências de um diagnóstico. Por outro, está profundamente ligado à experiência que associamos aos cuidados de saúde, frequentemente marcada por espera prolongada, desconforto e, em alguns casos, falta de empatia.

O mais interessante é que esta ideia é muitas vezes aceite como normal, quase sem contestação. Como se ir ao hospital tivesse inevitavelmente de ser uma experiência negativa, sobretudo no contexto público, sem que isso seja realmente questionado ou analisado com profundidade. Mas isto levanta uma questão simples, embora desconfortável: porque é que isto é visto como inevitável?

A assimetria de informação na saúde

Uma parte relevante da resposta não está apenas nos hospitais, mas na forma como a relação entre médico e doente foi historicamente construída. Durante séculos, existiu uma forte assimetria de informação em saúde. O médico detinha praticamente todo o conhecimento clínico relevante, enquanto o doente assumia um papel mais passivo, limitando-se a confiar e a seguir recomendações. Este modelo é frequentemente descrito na literatura como um modelo paternalista da medicina, onde a decisão clínica é centrada no profissional de saúde.

Apesar de este modelo fazer sentido dada a complexidade do conhecimento médico e o acesso limitado do doente a essa informação, teve consequências na forma como os cuidados foram vividos, contribuindo para uma cultura hierárquica e para uma percepção do sistema de saúde como algo que é concedido ao doente e não algo que o deve servir.

O impacto da internet na relação médico-doente

A maior mudança neste desequilíbrio foi provocada não pelo próprio sistema de saúde, mas por um fator externo: a internet. A internet alterou de forma irreversível o acesso à informação. De repente, qualquer pessoa passou a poder pesquisar sintomas, diagnósticos e tratamentos.

Este fenómeno teve dois efeitos simultâneos. Por um lado, aumentou a literacia em saúde e permitiu que os doentes participassem mais ativamente nas decisões clínicas, alterando profundamente a relação entre quem trata e quem é tratado. Por outro, abriu espaço à desinformação e à ansiedade associada à autointerpretação de sintomas. Ainda assim, independentemente destes riscos, o desequilíbrio de informação deixou de ser tão marcado como antes.

O doente passou a posicionar-se de forma diferente: já não apenas como alguém que recebe cuidados, mas como alguém que espera ser ouvido e respeitado no processo. Isto porque se trata do seu próprio corpo e porque as consequências das decisões recaem maioritariamente sobre si, e não sobre o médico.

É neste contexto que a estrutura tradicionalmente hierárquica começa a alterar-se. Os mecanismos de tomada de decisão partilhada ganham força e reforçam o modelo de cuidados centrados na pessoa que, embora exista desde a década de 1950, nunca teve tanta expressão como após a disrupção provocada pela internet.

O modelo de cuidados centrados na pessoa

Os cuidados centrados na pessoa são uma abordagem que coloca a pessoa no centro dos serviços de saúde e de apoio, reconhecendo-a como um indivíduo com necessidades, preferências e valores próprios. Esta abordagem promove a participação ativa da pessoa nos seus cuidados e baseia-se em relações terapêuticas positivas, garantindo cuidados de elevada qualidade, respeitadores e adaptados a cada indivíduo.

Um dos modelos mais utilizados para compreender este tema é o do Picker Institute, desenvolvido em parceria com a Harvard Medical School, que identifica oito princípios com o objetivo de compreender o que é mais importante para a maioria das pessoas e o que constitui cuidados centrados na pessoa de elevada qualidade:

1. Acesso rápido a cuidados e informação de saúde;
2. Tratamento eficaz prestado por profissionais de confiança;
3. Continuidade de cuidados e transições sem interrupções;
4. Envolvimento e apoio à família e cuidadores;
5. Informação clara, comunicação eficaz e apoio ao autocuidado;
6. Participação nas decisões e respeito pelas preferências;
7. Apoio emocional, empatia e respeito;
8. Atenção às necessidades físicas e ao ambiente envolvente.

A avaliação da experiência do doente

Para garantir que os cuidados são verdadeiramente centrados na pessoa, tornou-se necessário desenvolver formas de avaliar essa dimensão da prestação de cuidados. Neste contexto, a experiência do doente, considerada um resultado primário dos cuidados centrados na pessoa, começou a afirmar-se como um importante indicador da qualidade em saúde. Por definição, a experiência do doente é a soma de todas as interações, moldadas pela cultura de uma organização, que influenciam a perceção do doente ao longo de todo o percurso de

cuidados. A sua medição é feita, regra geral, através de questionários.

É importante ressaltar que estes não são questionários de satisfação do doente, uma vez que não procuram avaliar se o doente gostou ou não dos cuidados recebidos, mas sim perceber, de forma mais objetiva, o que realmente aconteceu durante a prestação de cuidados, como a qualidade da comunicação com os profissionais de saúde, os tempos de espera, o envolvimento nas decisões clínicas ou a clareza da informação

fornecida. Enquanto a satisfação do doente depende das expectativas individuais de cada pessoa, a experiência do doente procura medir acontecimentos concretos e observáveis ao longo do percurso de cuidados.

Em vários países, nomeadamente nos Estados Unidos, Reino Unido, Austrália e China, já existem questionários standardizados de experiência do doente com o objetivo de medir sistematicamente a qualidade dos cuidados numa perspetiva centrada na pessoa.

A experiência do doente como fator crítico de qualidade em saúde

À primeira vista, pode parecer que estamos apenas a falar de satisfação do doente, mas não é disso que se trata. Existe evidência consistente de que a experiência do doente, enquanto resultado, está diretamente associada a resultados clínicos. Quando os doentes se sentem informados e respeitados, tendem a aderir melhor aos tratamentos. Uma comunicação clara reduz erros e mal-entendidos, especialmente no autocuidado após a alta. Para além disso, um ambiente emocionalmente seguro dentro do hospital está associado a menores níveis de stress, o que influencia diretamente a recuperação física.

Todos estes aspetos contribuem para uma maior eficácia e eficiência dos sistemas de saúde. Nos prestadores privados o benefício é evidente, uma vez que muitos ambicionam proporcionar experiências diferenciadas aos seus clientes de forma a se manterem competitivos. Nos prestadores públicos, a maior eficácia proporcionada por uma melhor experiência do doente contribui para reduzir readmissões, períodos de internamento e listas de espera.

A experiência do doente em Portugal

Em Portugal, no que diz respeito à medição da experiência do doente, ainda não existe um questionário padronizado a nível nacional. Contudo, várias instituições de saúde e estudos académicos têm vindo a explorar dimensões como as técnicas de comunicação dos profissionais de saúde, o envolvimento do doente nas decisões

clínicas e a humanização dos cuidados. Um exemplo concreto é o do Hospital Lusíadas Porto, onde foi analisado o percurso do doente em cardiologia. O trabalho incluiu a avaliação de processos e indicadores, bem como a aplicação de questionários a doentes e profissionais, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria.

Com base nisso, foram redesenhados os circuitos e implementadas melhorias como otimização do agendamento, digitalização, formação das equipas e criação de comités de doentes, resultando na redução de tempos de espera e melhoria da experiência global.

Ao nível do SNS como um todo, já existem também exemplos claros de uma tentativa de tornar o sistema mais centrado na pessoa. O SNS 24, a receita sem papel,

as marcações online e o acesso digital a exames e relatórios clínicos através do Portal do SNS mostram que o sistema está gradualmente a ser repensado para facilitar a vida do doente e colocá-lo no centro do processo de cuidados.

Conclusão

Ir ao hospital não devia ser automaticamente associado a medo ou ansiedade. No entanto, essa continua a ser a realidade de muitas pessoas. A forma como o sistema de saúde evoluiu, o desequilíbrio histórico de informação e as transformações tecnológicas ajudam a explicar esta perceção, mas também mostram que ela não é inevitável.

A transição para cuidados centrados na pessoa e a crescente valorização da experiência do doente permitem hoje olhar para o futuro com alguma esperança. Ainda assim, a mudança só será verdadeiramente significativa quando os cuidados centrados na pessoa deixarem de ser encarados apenas como um conceito apelativo ou uma tendência institucional. O verdadeiro impacto surgirá quando forem reconhecidos pelo seu valor clínico e operacional, contribuindo para um sistema de saúde mais eficaz, eficiente e humano.

Cor, Luz e Corpo: Entre o Eu e a Multidão no Espaço Urbano Noturno

Cláudia Lourenço

Fotógrafa | Partner Manager, Opensmile | Colónia, Alemanha

INTRODUÇÃO

Há espaços que existem só de noite. Espaços que podem ser observados e vividos. A fotografia torna possível revisitar e habitar esses momentos.

Estar num espaço noturno com a intenção de observá-lo é uma experiência física e emocional. A cor, a luz e os corpos delineiam o ambiente e quem a ele pertence. A cor tem um papel de força, de espírito. A luz trabalha com ela: traz o contraste e revela o mistério. Os corpos contam histórias sem palavras, ocupam o espaço sem preenchê-lo, por vezes, rodeados e ao mesmo tempo profundamente sós.

É nesse espectro entre o pertencer e o observar que a fotografia se torna necessária. Não como resposta, mas como gesto de compreensão e como forma de tentar transmitir o que se passa entre o eu e a multidão.

ESPAÇO E A COR

O espaço urbano noturno não é simples, nem neutro, nem merece ser ignorado pela sua naturalidade de pertencer a contra-horas. É nos espaços mais escuros que conseguimos encontrar sensações desconhecidas. O desafio de ter de observar com mais dificuldade torna a reflexão mais detalhada. Nos diferentes espaços encontramos diferentes cores. O vermelho agita,

aproxima, aquece. O azul distancia e cria uma frieza que separa os corpos mesmo quando estão juntos. O verde desorienta, retira o familiar.

Karel Chladek, fotógrafo radicado em Montreal desde 2009, constitui uma referência na abordagem fotográfica da vida noturna, destacando-se pela forma como investiga e representa a presença da cor nesses espaços. Nos seus registos fotográficos, seja num *club*, numa rua ou num espaço

de arte, trabalha a cor com o propósito de mostrar a realidade não apenas do espaço, mas também daquilo que o faz sentir. Na sua série "Public Intimacy", o corpo em cena noturna torna-se o centro dessa procura: a intimidade não desaparece na multidão, mas expõe-se nela. Este é um cenário criado pelo observador, que desperta a vontade de observar mais. E com isso, tentar perceber que há algo nestes lugares, na noite, que, quem lá está, não consegue ver, porque estar dentro impede o olhar.

Na noite, o anonimato cresce, os encontros tornam-se efêmeros, a realidade distorce-se. É nessa distorção, nesse espaço, onde as regras do dia já não se aplicam completamente, que o observador começa a dissolver-se antes mesmo de captar a multidão. A luz é o primeiro agente dessa dissolução. Antes de qualquer corpo, antes de qualquer som, é ela que prepara o momento.



5:50am

Alfornelos, Lisboa - 06/11/2020

"There is no solitude in the world like that of the big city." -
Kathleen Norris

O CORPO E A MULTIDÃO

Dentro da multidão, o corpo perde a forma. Os rostos escondem-se, as silhuetas fundem-se e o gesto individual dissolve-se no fluxo coletivo. O corpo deixa de ser singular e passa a ser parte de um espaço e de um momento. É nesse momento capturado que algo de estranho acontece. As silhuetas envolventes criam cenários, momentos que nos convidam a especular, a olhar como espetador com um olhar próprio, levando, quase involuntariamente, a um processo de identificação. Reconhecemo-nos então num ombro, num gesto, numa postura e, nesse reconhecimento, compreendemos que também nós integramos — ou poderíamos integrar — esses mesmos momentos.

Como observador, tentar manter distância e refletir de longe, resulta, paradoxalmente, numa imersão progressiva em que se fica mais perto - pelo som que não ouvimos, pelo calor dos corpos que não sentimos, pelo momento que não nos pertence.

É por isso que a fotografia, para além de ser meramente capturada, funciona também como mecanismo de autorreflexão. Permite-nos analisar situações em que nos perdemos, a imaginar-nos lá, a perguntar o que faríamos, onde estaríamos, se seríamos o corpo que resiste ou o que se deixa ir. A fotografia devolve ao momento a sua ambiguidade e ao espetador a liberdade de se perder nela.

O SILÊNCIO DENTRO DO RUÍDO

Quanto mais intenso o espaço, mais evidente se torna o silêncio. É nesse limbo que algumas das imagens mais fortes habitam. Num abraço no meio do caos. Numa calma que persiste enquanto tudo à volta se move. Nesses momentos capturados em espaços de ruído, o silêncio não é mais ausência e torna-se composição. Quanto mais intensas as cores, as luzes e os corpos, mais visível se torna o silêncio individual e que sentimos através da observação. É como se o excesso exterior revelasse o vazio interior e a sua profundidade. Momentos de intimidade e de isolamento dentro do caos que a fotografia consegue congelar, porque só ela tem a capacidade de suspender o tempo sem o destruir.

“Uma imagem vale mais que mil palavras.” A fotografia opera da mesma forma: interrompe o momento, cria uma pausa e um único registo. Abre um espaço onde o espetador pode entrar mais tarde, sem pressa. O ruído está lá, implícito, mas o que a imagem oferece é o instante suspenso em que tudo poderia ter sido diferente. Estas imagens não dizem o que sentir, mas criam as condições para que algo seja sentido. O observador completa o significado com o que traz de si, as suas próprias noites, os seus próprios silêncios, os seus próprios corpos perdidos numa multidão. A captura é o instante decisivo, aquele ponto exato em que o movimento se torna em imagem, em que o efêmero se

torna permanente. A captura não é um acidente: é o reconhecimento de que aquele momento, e não outro, merece durar. A suspensão do que de outra forma desapareceria sem deixar rasto. O silêncio e o ruído coexistem - congelados, juntos, numa única imagem.



Untitled

Colónia, Alemanha - 23/11/2024

CONCLUSÃO

A fotografia noturna é um instinto de sobrevivência. A urgência de guardar o instante antes que ele desapareça e recusar que a noite leve tudo consigo - os corpos, as luzes, os silêncios, os abraços e os toques que ninguém viu. Entre a luz, a cor e o espaço, a imagem torna-se o lugar onde encontramos o nosso próprio sentido. Não o sentido do fotógrafo, nem o do espaço, mas o de quem olha e se reconhece.

A relação entre os três conceitos - cor, luz e corpo - revela que nenhum existe sem os outros. A cor sem luz é invisível. A luz sem corpo não tem onde pousar. O corpo sem cor e sem luz é apenas sombra.

Capturar a noite é um exercício de quem se atreve a desafiar a observação do comportamento humano, de quem entra no espaço não apenas para participar, mas para testemunhar, sem invadir, muitas vezes silenciando o flash, capturando a luz que existe.

Querer partilhar isso com quem não esteve lá, na esperança de preservar a intimidade de cada momento. Na esperança de trazer a cada pessoa um novo instante de reflexão sobre a multidão, sobre o silêncio, sobre o lugar que cada um ocupa entre os outros.

No fim, o que a fotografia noturna revela não é apenas a noite. É o que a noite faz a quem a observa.



Hungry4xSoundSound
Colônia, Alemanha - 05/04/2026



Hungry4xSoundSound
Colônia, Alemanha - 05/04/2026

REFERÊNCIAS FOTOGRÁFICAS:

CHLADEK, Karel. Public Intimacy. Disponível em: <https://www.karelchladek.com>

A PONTE INVISÍVEL: O PAPEL DAS BIBLIOTECAS PRÉ-UNIVERSITÁRIAS NA CONSTRUÇÃO DO PERFIL DO ESTUDANTE DO ENSINO SUPERIOR

João Pedro Valente

Bibliotecário Universitário / Faculdade de Direito

(<https://www.linkedin.com/in/joão-v-32299142>)

Introdução:

A entrada no ensino superior é frequentemente vista como um ritual de passagem, como um momento de transformação no qual o aluno passa de um utilizador passivo de manuais escolares a investigador ativo. No entanto, este salto para o campus universitário pode ser muito repentino. O campus universitário surge como um espaço novo e amplo, onde a autonomia é a moeda de troca e a Biblioteca Universitária (BU) é o centro nevrálgico. O que muitos ignoram é que a eficácia com que um aluno utiliza os recursos da biblioteca não é nada que já nasce consigo, mas também o resultado de um acumular de experiências vividas, degrau a degrau na utilização das bibliotecas escolares, públicas e cooperativas.

Este artigo propõe refletir sobre a experiência pedagógica e social entre estes tipos de bibliotecas e a sua importância no percurso do aluno até à universidade. O objetivo é demonstrar que o aluno que utiliza e conhece a biblioteca escolar e a biblioteca pública antes de chegar à universidade, não aprende somente a requisitar livros, mas desenvolve uma estrutura mental de organização do saber que será a sua maior arma no mundo académico.

1. A Biblioteca Escolar: O Berço da Metodologia e do Rigor

A biblioteca escolar (BE) é, por definição, o primeiro laboratório de cidadania e literacia. É o espaço onde a criança e o jovem tem o 1.º contacto com a ideia de que o conhecimento é infinito, mas não é caótico. É um espaço de transição entre o lazer e o prazer da leitura infantil e o rigor de uma pesquisa documental que se exigirá mais tarde no mundo universitário. Nas palavras do autor Armando Silva (2012), a biblioteca escolar deve ser

o "coração da escola", um centro de recursos que não se limita a apoiar o currículo, mas que oferece um espaço de fuga à descoberta intelectual.

É neste ambiente que o aluno trava contacto com a organização biblioteconómica seja com as classificações iniciais existentes nas bibliotecas seja com a Classificação Decimal Universal (CDU). Aprende que a "História" equivale ao número 9 e as "Ciências" ao número 5 nessa classificação e vai criar um mapa mental que o aluno transportará para o resto da vida. Quando este aluno chegar à universidade e se deparar com quilómetros de estantes, o seu cérebro está treinado para ler a lógica desse novo espaço. Ele não vê apenas livros; vê a organização do espaço, assim como vê categorias de classificação do pensamento.

Além disso, o papel do professor-bibliotecário é aqui insubstituível. Ele é o primeiro a fazer a mediação, ensinando a importância da fonte fidedigna. Ao realizar os primeiros trabalhos, o aluno aprende que "só dizer por dizer" não tem valor académico e aprende a citar e a referenciar, a respeitar a propriedade intelectual e a entender que o conhecimento foi construído e que o progresso existente hoje é o resultado do esforço de quem veio antes e aprendeu e passou esse mesmo conhecimento. Essa base ética e metodológica é a mesma que, anos depois, separará esse aluno que sabe construir um estado da arte daquele que se perde em plágios porque não entende nem segue esses mesmos critérios académicos.

2. A Evolução Digital: Do catálogo Escolar até às Bases de Dados Académicas

Um dos elementos mais críticos e importantes na passagem para o meio universitário é a apropriação das ferramentas digitais. Aqui, é interessante notar a existência de um paralelismo existente entre a biblioteca do meio escolar e a biblioteca universitária. O aluno, na biblioteca escolar, é apresentado e inicia o uso do catálogo bibliográfico digital (OPAC) através de pesquisas básicas e depara-se, pela primeira vez, com a possibilidade de localizar um livro físico a partir de uma interface digital, utilizando palavras-chave, autores ou títulos.

Esta competência básica é a raiz da literacia da informação digital. Na universidade, o sistema é exponencialmente mais complexo, mas a lógica subjacente é a mesma. O aluno que antes pesquisava no catálogo da sua escola não terá receio de enfrentar o catálogo digital *Discovery* ou as inúmeras bases de dados científicas existentes como a *b-on* (Biblioteca do Conhecimento Online) ou a *Hein Online* (base jurídica), pois o aluno tem a noção do conceito de metadados, mesmo que não conheça o termo de uma forma mais consistente.

A diferença reside na profundidade e complexidade da pesquisa, ou seja, enquanto que na biblioteca da escola, a ferramenta digital servia quase exclusivamente para localizar um livro na estante da biblioteca, na universidade a ferramenta digital é, muitas vezes, o próprio destino (artigos em PDF, e-books, outros). O aluno habituado e treinado sabe filtrar resultados ou usar operadores

booleanos (AND, OR, NOT) e sabe distinguir um artigo com revisão por pares (*peer-reviewed*) de um *post* de um *site*.

Um instruído em informação sabe utilizar as ferramentas de apoio para criar soluções para os seus problemas. Sem esta ponte digital já existente, o estudante universitário poderá ficar submerso num mar de informações sem relevância.

3. A Biblioteca Pública e o Exercício da Autonomia

Se a biblioteca escolar pode ou não ser um local obrigatório de utilização em termos escolares, a biblioteca pública já é um espaço de liberdade e escolha individual.

A passagem para biblioteca pública é o momento em que o jovem se torna um utilizador por sua própria escolha. Na biblioteca pública, o respetivo profissional não é só um professor-bibliotecário e transforma-se mesmo num orientador e facilitador junto dos seus utilizadores e não somente alunos.

Na biblioteca pública, o futuro estudante universitário aprende a gerir o seu tempo de forma autónoma: escolhe o seu sítio para estudar, decide quais as fontes que quer consultar e aprende a conviver com o silêncio e com o ritmo de trabalho dos outros. Esta vivência representa, para ele, o ensaio geral da vida universitária. No ensino superior, o aluno é auto responsabilizado; já ninguém controla se

ele utilizou à tarde a biblioteca e o aluno que já frequentava a biblioteca escolar e posteriormente a biblioteca municipal no seu percurso escolar, traz consigo a autodisciplina que precisa para estudar sozinho e organizar o seu estudo de forma autónoma.

Quem acedeu às bibliotecas públicas aprendeu a utilizar variados recursos digitais, combatendo, logo, nessa altura, o fosso digital que podia começar a existir futuramente.

Para muitos alunos, é na biblioteca pública que aprendem a fazer trabalhos digitais, a criar contas para plataformas de empréstimo digital e a gerir e usar a sua identidade digital para empréstimos de obras. De acordo com o Manifesto da UNESCO para a Biblioteca Pública, ela é um “centro local de informação que torna acessíveis aos seus utilizadores todos os tipos de conhecimento e informação”.

Esta democratização cria um espírito de autonomia que será muito importante na universidade, onde o aluno terá de conduzir o seu próprio percurso de aprendizagem presencial e digital.

A distinção central que observamos diz respeito à natureza da relação entre o utilizador e a instituição, em três eixos: Motivação (Dever vs. Liberdade), ou seja, na escola, a biblioteca é muitas vezes a extensão obrigatória do currículo; o aluno utiliza porque tem a tarefa escolar muitas vezes obrigatória de ir, no caso da biblioteca pública; o aluno, com a designação de utilizador, utiliza a biblioteca, porque tem vontade e deseja frequentá-la (ou não teria ido) e assim demonstra a sua autonomia e interesse

pessoal nessa mesma utilização.

Função do utilizador: A mudança representa a alteração do conceito de "estudante" (o estudante é um elemento do sistema educativo) para o "cidadão" ou o "utilizador por livre opção" (indivíduo independente) na biblioteca pública.

Função do Profissional: O professor bibliotecário escolar tem uma função mais pedagógica, mais direta (ensina a pesquisar e dar suporte ao estudo). Na biblioteca pública, o bibliotecário apresenta-se como um mediador, aquele que ajuda a ter acesso aos recursos e ao lazer, sem ter a pressão da avaliação e da nota por parte do docente.

4. A Biblioteca Cooperativa: O Sentido de Comunidade e Pertença

Um dos pilares frequentemente não abordados nesta comparação é o da biblioteca cooperativa ou a biblioteca associativa.

Nestas bibliotecas, o conceito de "utilizador" une-se ao conceito de "proprietário". O estudante que utiliza uma biblioteca cooperativa sabe que este recurso existe porque um coletivo entendeu que deveria criá-lo e preservá-lo e que existe uma comunidade focada em manter este tipo biblioteca.

A biblioteca cooperativa proporciona a importância da responsabilidade partilhada

por parte dos alunos e que tudo pertence a uma comunidade, a um conjunto de utilizadores e em que o uso responsável do espaço e dos recursos ajuda e permite manter esse mesmo espaço valioso e agradável ao longo do tempo.

O aluno compreende, especificamente em termos de recursos, que cada livro pertence à coletividade. Na universidade, em que os bens são partilhados entre um número muito mais elevado de utilizadores, ter já esta consciência de que a preservação adquirida no passado é muito importante. O aluno que possui *a priori* esse histórico será aquele que

cumprirá melhor as regras, pois tem a consciência de que o seu incumprimento irá prejudicar o trabalho de outro aluno, não permitindo o seu usufruto em serviços e recursos e ao valorizar está a permitir a continuação de uma biblioteca com esses mesmos serviços e recursos.

O aluno tem a consciência que a biblioteca não é só um espaço de livros, mas um organismo onde existe interligação entre discentes, docentes e bibliotecários quer na sua intervenção ou mesmo só no seu apoio.

5. Reflexos no Ingresso e na Vivência no Ensino Superior

No momento do ingresso na faculdade e sem abordar a questão social académica dessa mudança, em termos de utilização das bibliotecas, o aluno começa a frequentar uma biblioteca universitária com recursos muito mais vastos e complexos como sejam os repositórios institucionais e catálogos de pesquisa multifuncionais. Para um aluno sem esse histórico de experiências em bibliotecas, essa utilização torna-se um gerador de ansiedade. Contudo, para o "aluno das bibliotecas", aquele momento é de continuidade e melhoramento na utilização desse tipo de biblioteca.

Esta anterior familiaridade com o mundo das bibliotecas transforma o que seria um obstáculo tecnológico na utilização da biblioteca, numa vantagem competitiva, permitindo que o aluno se concentre na informação e investigação académica, em vez de se estar a concentrar somente na forma de encontrar essa mesma informação e conteúdo.

Enquanto muitos dos colegas de turma são confrontados por uma curva de

aprendizagem agriçoce e assustadora, o "aluno das bibliotecas" navega nestes novos sistemas com a habitual naturalidade de quem ultrapassa os limites de um território conhecido devido a sua experiência nas bibliotecas anteriores.

O paralelo é evidente: a biblioteca escolar deu-lhe o método; a biblioteca pública permitiu e criou-lhe autonomia; a biblioteca cooperativa ensinou-lhe o sentido ético e de partilha que também existe na biblioteca pública e os recursos digitais permitem a facilidade e agilidade no seu uso e na fase de utilizar a Biblioteca Universitária, observamos o método, a autonomia, sentido ético e experiência digital a trabalhar em sintonia.

Como afirma a autora Elisabeth Adriana Dudziak, (2001), a literacia da informação favorece o "aprender a aprender". O aluno não perde tempo com a burocracia, mas analisa bem sobre o conteúdo; já tem o "software" mental, a universidade forneceu-lhe o "hardware".

Podemos resumir o texto em:**Ponto 1:**

– A biblioteca escolar é uma base indispensável para a literacia, funcionando como propulsora para a transformação da curiosidade inicial num pensamento sistémico e estruturado.

– O professor Bibliotecário, ao apresentar ao aluno os sistemas de classificação e os vários elementos de pesquisa, está a construir um mapa mental fundamental para seu sucesso futuro.

Ponto 2:

– O domínio do catálogo digital (OPAC) na biblioteca escolar é uma base de entendimento da literacia digital e que prepara o aluno para a complexidade digital dos sistemas universitários.

– Apesar da uniformidade, a lógica da pesquisa é análoga, porém a transição para o ensino superior é mais profunda, feita não só através da localização de obras físicas como também o acesso direto a artigos científicos digitais e a bases de dados como a b-on.

– Sem existir uma preparação digital anterior, o aluno arrisca-se a estar perdido no excesso de informação, assim como perder a capacidade crítica que lhe permite filtrar e validar os conteúdos académicos.

Ponto 3:

– A biblioteca pública é o lugar da liberdade e da escolha individual e funciona como um ensaio inicial do aluno para a vida universitária no sentido em que desenvolve a sua autodisciplina e a gestão do tempo de estudo através do uso dos espaços da bibliotecas.

– A transição da biblioteca escolar para a biblioteca pública corresponde à transição do aluno/estudante para o cidadão, com o bibliotecário a transitar de ser uma função de educador para a função de mediador no acesso à cultura e à informação.

– A democratização do acesso digital permitirá ao jovem aprender competências essenciais de cidadania e autoaprendizagem, fundamentais para o seu futuro percurso no ensino superior.

Ponto 4:

– A biblioteca cooperativa introduz a ideia da responsabilidade partilhada, onde o utilizador também se sente proprietário e guardião de um recurso que pertence a todos.

– Esta experiência desenvolve uma consciência cívica fundamental para o ambiente universitário, onde se respeitam os prazos e se dá valor às redes de apoio mútuo, como, por exemplo, o empréstimo interbibliotecas.

– O estudante aprende que a biblioteca é um organismo vivo e coletivo e que a preservação desse conhecimento depende da sua atuação e do cuidado pelo bem comum.

Ponto 5:

– Para um aluno habituado a usar bibliotecas, a universidade não assusta; a complexidade do sistema torna-se apenas uma continuação natural da sua aprendizagem.

Conclusão:

Não podemos olhar para as bibliotecas como instituições isoladas. A biblioteca escolar, a pública, a cooperativa e a universitária são capítulos de um mesmo livro de formação humana. O sucesso de um aluno na universidade é potenciado pela forma como foi ajudado pelos vários bibliotecários que o assistiram no seu percurso académico desde as primeiras leituras escolares até à universidade.

É imperativo que existam políticas que reforcem esta interconexão. Um estudante que domina a biblioteca da sua terra será um profissional mais crítico e um investigador mais rigoroso. A biblioteca universitária não deve ser o primeiro contacto de um jovem com o saber organizado; deve ser o culminar de uma longa amizade com os livros e os bits, iniciada na escola e amadurecida na comunidade. No final, a biblioteca é a ponte que permite ao aluno caminhar com segurança entre o que já sabe e o que ainda está por descobrir.

– Frequentar diferentes bibliotecas prepara o aluno com método, autonomia, valores éticos e competências digitais.

– Quando domina a literacia da informação, o aluno ultrapassa as barreiras do sistema e foca-se no essencial: o seu próprio conhecimento.

O caminho estabelecido pelas bibliotecas escolar, pública e cooperativa forma o 'software' mental que possibilitará uma transição para a universidade natural e segura. Ao articular o rigor ético, a liberdade de escolha e a responsabilidade partilhada, o estudante converte a complexidade da academia em autonomia e produção de conhecimento. A informação trazida por estas redes sem fronteira torna a ansiedade diante do excesso de informação desnecessária, enraizando no aluno o foco sobre o desenvolvimento do pensamento crítico e a disposição de aprender a aprender.

O percurso pelas diferentes bibliotecas transforma a literacia digital e o rigor ético em algo natural para o aluno, permitindo assim que o mesmo chegue ao ensino superior focado no que importa: a criação de novo conhecimento cujas pesquisas sucessivas e bem orientadas lhe permitirão garantir sucesso académico.

Dimensão	Biblioteca Escolar / Pública / Cooperativa	Biblioteca Universitária (BU)	Impacto no Aluno (O "Saber Fazer")
Objetivo Principal	Apoio curricular, literacia emergente e lazer.	Investigação científica e produção de conhecimento	De consumidor a criador de conhecimento com confiança.
Ferramentas Digitais	Catálogo (OPAC), Internet livre, Literacia digital básica.	Bases de dados (ex: b-on), Repositórios, Gestores de referências.	Capacidade de filtrar informação técnica e validar fontes.
Organização Física	Classificação simplificada, zonas de leitura e expressão (Lazer)	Classificação complexa, salas de estudo e investigação especializadas.	Autonomia na localização de recursos em grandes catálogos
Papel do Mediador	Professor-Bibliotecário (Guia e Tutor).	Bibliotecário de Referência (Facilitador de investigação).	Saber dialogar com especialistas para otimizar as suas pesquisas
Autonomia	Orientada pela escola, pelo professor ou pelo hábito familiar.	Muitas vezes total e com decisão própria no (autoestudo).	Gestão eficaz do tempo e disciplina de estudo / trabalho independente.
Ética da Informação	Noções de autoria e combate ao plágio escolar.	Normas de citação rigorosas (APA, NP405).	Rigor científico e integridade académica

Tabela 1: Matriz de Transição e Competências entre Tipologias de Biblioteca

Análise da Matriz de Competências

Conforme indicado na tabela 1, a transição entre esses sistemas não é uma ruptura, mas sim o resultado de maturidade. O aluno que vai para o ensino superior a conhecer as bibliotecas escolares e públicas já possui uma vantagem competitiva em relação ao outro aluno, pois aprendeu a gramática por si da organização do conhecimento. Enquanto o aluno que não teve essa experiência vai investir metade do primeiro semestre da faculdade a tentar

entender como funcionam os sistemas e a lógica da organização nas estantes, o aluno que passou pelas bibliotecas, o aluno da leitura concentra-se logo na primeira semana, nos conteúdos complexos. A literacia da informação (que começa na escola [e na comunidade]) é a condição básica para que o rigor científico da biblioteca universitária lhe seja apropriada de maneira natural - e segura.

BIBLIOGRAFIA

Dudziak, E. A. (2003). Information literacy: princípios, filosofia e prática. *Ciência da Informação*, 32(1), 23-35.

IFLA/UNESCO. (1994). Manifesto da UNESCO sobre Bibliotecas Públicas. Haia: IFLA.

REDE DE BIBLIOTECAS ESCOLARES (RBE). (2021). Quadro de Referência: Aprender com a Biblioteca Escolar. Lisboa: Ministério da Educação.

SILVA, A. M. (2012). A Informação: Da Compreensão do Fenómeno à Gestão de Recursos e Serviços. Porto: Edições Afrontamento.

