

Desconstruindo a ciência aberta: desafios, visões e distopias

Deconstructing open science: challenges, visions and dystopies

Deconstruyendo la ciencia abierta: desafíos, visiones y distopías

Luis Fernando Sayão

Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasil

luis.sayao@cnen.gov.br

 <https://orcid.org/0000-0002-6970-0553>

Luana Farias Sales

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia,

Brasil

luanasaes@ibict.br

 <https://orcid.org/0000-0002-3614-2356>

Resumo

[contexto] As práticas da ciência aberta aliadas aos avanços das tecnologias digitais têm contribuído para a ampliação das fronteiras do conhecimento, ao mesmo tempo em que incorporam aos seus pressupostos a ideia de uma ciência mais colaborativa, inclusiva e transparente, com o propósito de acelerar o progresso científico. [problema] Contudo, apesar do amplo reconhecimento por parte do mundo científico, dos governos e da sociedade das vantagens e motivações das práticas abertas, barreiras significativas e contradições de várias naturezas se interpõem obstaculizando as promessas da ciência aberta. [objetivos] O presente ensaio tem como objetivo compreender, analisar e estruturar as diversas vertentes e elementos do discurso do que chamamos ciência aberta e as suas visões, desafios e contradições. [metodologia] Os fundamentos para esta discussão são os diversos documentos produzidos pela agências nacionais e internacionais, bem como pelos autores que se debruçaram sobre esta complexidade. Resultado: Como resultado, o estudo elencou itens necessários para a construção de condições infraestruturais que alinham requisitos transversais necessários o estabelecimento de *framework* técnico, político e normativo sustentável favorável às práticas, ações e *workflows* necessários à transição para a ciência aberta. Conclusão: Conclui-se que a ciência aberta é, de fato, um campo de natureza plural, que exige articulação entre múltiplas dimensões de pensamento e prática.

Palavras-chave: Ciência aberta, Colaboração científica, Política científica, Desenvolvimento científico.

Abstract

[context] Open science practices combined with advances in digital technologies have contributed to expanding the frontiers of knowledge, while incorporating into its premises the idea of a more collaborative, inclusive and transparent science, with the purpose of accelerating scientific progress. [problem] However, despite the broad recognition by the scientific community, governments and society of the advantages and motivations of open science, significant barriers and contradictions of various natures stand in the way of the promises of open science. [objective] This essay aims to understand, analyze and structure the various aspects and elements of the discourse of what we call open science and its visions, challenges and contradictions. [methodology] The foundations for this discussion are the various documents produced by national and international agencies, as well as by the authors who have focused on

Recepción: 11 Septiembre 2024 | Aceptación: 06 Enero 2025 | Publicación: 01 Octubre 2025

Cita sugerida: Sayão, L. F. y Sales, L. F. (2025). Desconstruindo a ciência aberta: desafios, visões e distopias. *Palabra Clave (La Plata)*, 15(1), e263. <https://doi.org/10.24215/18539912e263>



Esta obra está bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

this complexity. Result: As a result, the study lists the necessary items for the construction of infrastructural conditions that align transversal requirements necessary for the establishment of a sustainable technical, political and normative framework favorable to the practices, actions and workflows necessary for the transition to open science. Conclusion: It is concluded that open science is, in fact, a field of plural nature, which requires articulation between multiple dimensions of thought and practice.

Keywords: Open Science, Scientific Collaboration, Science policy, Scientific Development.

Resumen

[contexto] Las prácticas de la ciencia abierta aliadas a los avances de las tecnologías digitales han contribuido a la ampliación de las fronteras del conocimiento, al mismo tiempo que incorporan en sus supuestos la idea de una ciencia más colaborativa, inclusiva y transparente, con el propósito de acelerar el progreso científico. [problema] Sin embargo, a pesar del amplio reconocimiento por parte del mundo científico, de los gobiernos y de la sociedad sobre las ventajas y motivaciones de la ciencia abierta, se interponen barreras significativas y contradicciones de varias naturalezas que obstaculizan las promesas de la ciencia abierta. [objetivos] Este ensayo tiene como objetivo comprender, analizar y estructurar las diversas vertientes y elementos del discurso de lo que llamamos ciencia abierta y sus visiones, desafíos y contradicciones. [metodología] Los fundamentos para esta discusión son los diversos documentos producidos por agencias nacionales e internacionales, así como por los autores que se han dedicado a esta complejidad. Resultado: Como resultado, el estudio enumeró los elementos necesarios para la construcción de condiciones infraestructurales que alinean los requisitos transversales necesarios para crear un marco técnico, político y normativo sostenible, favorable a las prácticas, acciones y flujos de trabajo necesarios para la transición hacia la ciencia abierta. Conclusión: Se concluye que la ciencia abierta es, de hecho, un campo de naturaleza plural, que exige la articulación entre múltiples dimensiones de pensamiento y práctica.

Palabras clave: Ciencia abierta, Colaboración científica, Política científica, Desarrollo científico.

1. Introdução

A ampliação veloz das fronteiras do conhecimento científico vem coincidindo com o renovado interesse na ciência aberta por parte dos formuladores de política científica (Chesbrough, 2015, p. 1), que a identificam como uma passagem para acelerar o progresso científico. Nessa direção, concepções inovadoras estão sendo tecidas em muitos fóruns científicos, em escala mundial. No coração dos debates estão as formulações que concretizam a ideia de que os princípios, práticas e conceitos subjacentes à ideia de ciência aberta sejam os sustentáculos de uma ciência de melhor qualidade e mais transparente, de uma dinâmica científica mais colaborativa, inclusiva e equitativa, e que possa, finalmente, levar a impactos sociais e econômicos mais contundentes e diretos. Assim, segundo a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2015, p. 14), a ciência aberta se constitui “um meio e não um fim”. Contudo, apesar do amplo reconhecimento por parte do mundo científico, dos governos e da sociedade das vantagens e motivações da ciência aberta, barreiras significativas se interpõem e permanecem obstaculizando suas promessas. Essas barreiras e limitações incluem aspectos da cultura de pesquisa e incentivos que trabalham contra a ciência aberta, infraestrutura insuficiente, limitações de recursos, diferenças disciplinares, restrições políticas e legais e falta de compreensão do amplo escopo em que a ciência aberta ambiciona se instalar (National Academy of Sciences, 2017, p. 28). Por conseguinte, para que os princípios da ciência aberta se tornem um padrão para as práticas científicas, diversas condições básicas devem ser antes observadas (Pampel & Dallmeir-Tiessen, 2014).

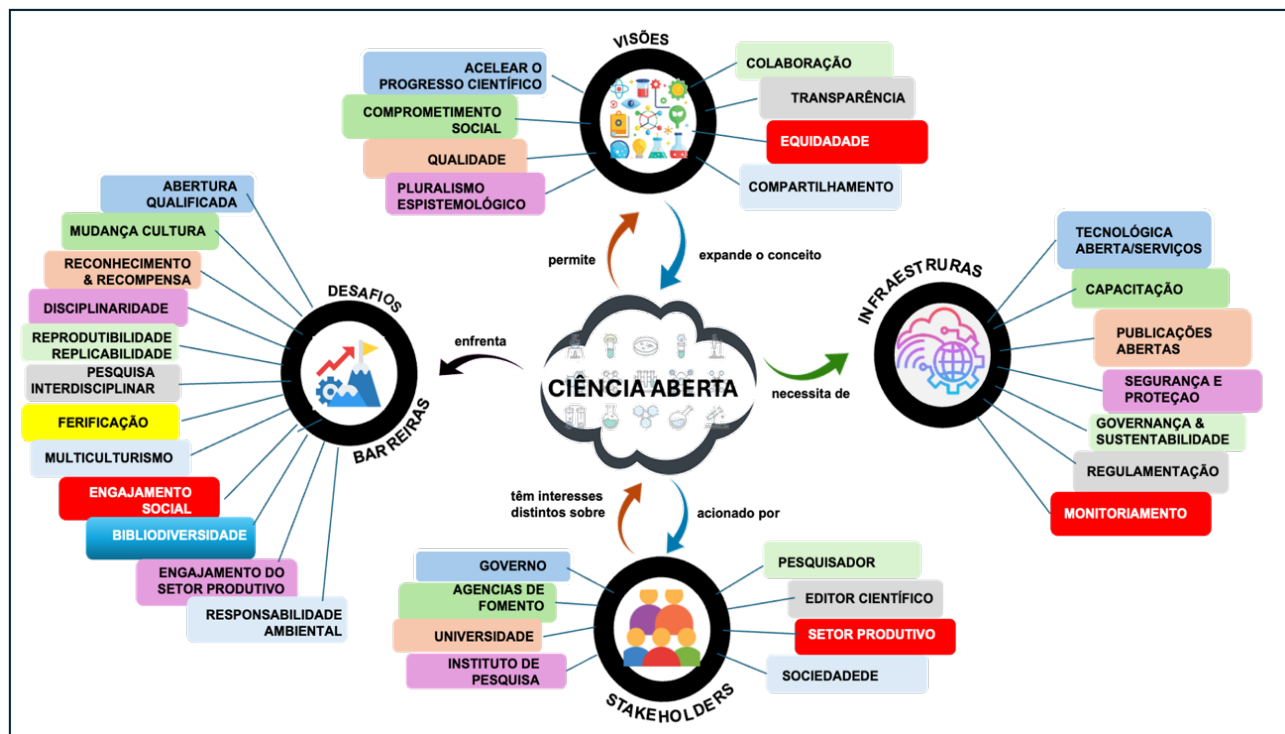
Num cenário em constante transição, a ciência aberta se constrói por meio de um arcabouço conceitual de muitas faces, porém, nenhuma delas isoladamente revela completamente a sua essência e o seu alcance. A questão que se coloca é: como estruturar e integrar as diversas visões científicas, políticas e filosóficas, em torno das práticas abertas? A resposta a essa questão, que poderá viabilizar a transição para a ciência aberta, demanda uma visão integrada e sistêmica de amplitude institucional, nacional e internacional capaz de equacionar uma série de tópicos e as diversas partes interessadas, assim entende o *National Programme Open Science* (NPOS, 2022, p. 16). O presente ensaio faz parte de estudos teóricos e tem como objetivo compreender, analisar e estruturar as diversas vertentes e elementos do discurso, do que chamamos ciência aberta, e as visões, desafios e contradições de amplo espectro que precisam ser equacionados e superados para a sua plena realização e inserção no cotidiano do mundo da pesquisa e da sociedade. Os fundamentos metodológicos desta pesquisa exploratória e de caráter qualitativo estão na seleção de documentos produzidos por agências nacionais e internacionais, como Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), OECD e National Aeronautics and Space Administration (NASA), bem como pelos autores que se debruçaram sobre essa complexidade, a fim de enriquecer a discussão.

2. Um conceito ampliado de ciência aberta

Os discursos sobre ciência aberta estão, via de regra, circunscritos ao acesso aberto - real ou metafórico, às publicações acadêmicas, que é o aspecto mais desenvolvido e mais debatido nas últimas décadas. Esta é uma questão crítica para a ciência, mas que não traz um entendimento completo das múltiplas faces de como a ciência aberta se apresenta no enfrentamento dos desafios (ou enigmas) colocados para a ciência pelas múltiplas esfiges da sociedade. O que se debate, já há algum tempo, nas agendas críticas de fóruns e organismos nacionais e internacionais como a OECD (2015) e a UNESCO (2022), e no âmbito das comunidades científicas, é uma ampliação conceitual, epistemológica e prática do discurso da ciência aberta e a amplitude das ações necessárias para uma transição mais consensual que contemplem os diversos atores envolvidos. No seu enquadramento no mosaico da ciência contemporânea, **a ciência aberta deve ser um conceito que se aplica à totalidade do ciclo de pesquisa, promovendo o compartilhamento e a colaboração,**

tão cedo quanto possível, e acarretando dessa forma, numa mudança sistemática na maneira como a ciência é realizada, assim entende o projeto *Facilitate Open Science Training for European Research* (Foster, 2018, grifo nosso). Como um sustentáculo importante e um avalizador confiável dessa translação, a UNESCO (2022) define essa nova ciência aberta como um construto inclusivo que combina vários movimentos e práticas cujos objetivos são basicamente tornar o conhecimento científico multilíngue, livremente disponível, acessível e reusável por todos; incrementar a colaboração científica e o compartilhamento de informações para o benefício da ciência e da sociedade; e abrir os processos de criação, avaliação e comunicação do conhecimento científico para os atores sociais, além da comunidade científica tradicional (NPOS, 2022). Essa concepção mais humanística incorporada à ciência tradicional tem rebatimentos importantes que podem ser resumidos pela sigla em inglês TOPS – Transform to Open Science –, que sintetiza os macro objetivos de uma iniciativa projetada conjuntamente pela *European Organization for Nuclear Research* (CERN) e pela NASA, para transformar mentes, agências, organizações e comunidades em uma cultura inclusiva, situando a ciência aberta como um paradigma em evolução que busca promover maior inclusão, diversidade e participação nas dinâmicas científicas, ao mesmo tempo que aumenta a transparência e a reprodutibilidade dos processos e produtos científicos. Por conseguinte, a ciência aberta, no âmago dessa nova concepção, está sendo tecida em muitos fóruns, pois, apesar de seus benefícios aparentes, seu ecossistema envolve diferentes *stakeholders* com visões e concepções distintas - ancoradas em seus contextos - que precisam ser considerados e cuidadosamente equacionados. Além do mais, apesar das vantagens e motivações das práticas abertas, barreiras contundentes e de amplo espectro se interpõem em diversos patamares na sua naturalização, na complexa ecologia científica. Estes diversos parâmetros que representamos no modelo integrativo (Figura 1), sintetizam as relações entre visões e promessas, desafios e barreiras, infraestruturas e *stakeholders*, que nos ajudam a prosseguir a presente análise.

Figura 1
Ecologia da ciência aberta: visões x desafios x infraestruturas x stakeholders



Fonte: elaboração dos próprios autores.

3. Visões, ambições e promessas da Ciência Aberta

O Relatório da OECD (2015), no âmbito da discussão da magnitude e pervasidade da ciência aberta, destaca que o escopo contemporâneo de suas práticas e teorias tem fronteiras mais abrangentes do que o acesso aberto a publicações e dados – faces mais visíveis de um amplo espectro de muitos matizes – e incorpora uma grande diversidade de percursos e processos de geração de conhecimento mais colaborativo e mais inclusivo que se desdobra num diversificado número de pesquisa.

O que se observa, portanto, é que a expansão da concepção de ciência aberta evolui em dois eixos principais: 1) uma visão científica e tecnológica que tem o propósito de tornar abertos os produtos de pesquisa, que vão muito além de publicações e inclui um elenco profícuo de artefatos e processos como código fonte, algoritmos, *software e hardware*, metodologias, modelos, processos analíticos **metadados** e muito mais; 2) e uma visão mais abrangente que ambiciona uma revolução epistêmica na translação para a ciência aberta. Este segundo eixo preconiza promessas relevantes colocadas neste ensaio nas seguintes dimensões:

3.1 Acelerar o progresso científico

Esta dimensão enxerga a ciência aberta como um fator determinante para uma dinâmica mais veloz nos processos científicos por meio de fluxos mais colaborativos apoiados por tecnologias avançadas, como plataformas colaborativas, padrões e princípios, como o CARE e o FAIR,¹ por mudanças na percepção dos agentes e instituições envolvidas. Compreende também acelerar a transformação da ciência para o patamar de ciência aberta, visto que a maior parte dos saberes produzidos pela ciência está inacessível majoritariamente por falta de gestão e sustentabilidade temporal (Tananbaum, Gentemann, Naim & Marcum, 2024).

3.2 Comprometimento social

Essa ciência transformada por práticas abertas preconiza uma atuação também fora das esferas científicas e de seu altar mítico. O que se espera é uma articulação mais próxima com outros segmentos sociais por meio de uma aproximação com os seus problemas mais imediatos e do uso de saberes teóricos em inovações pragmáticas que mitiguem a fome, doenças negligenciadas, catástrofes ambientais, a desigualdade e a desinformação, entre muitos outros problemas. O comprometimento social deve considerar com mais rigor, a ética e a privacidade no uso de dados do cidadão comum nas pesquisas e explicitando mais claramente os benefícios dessa exploração.

3.3 Qualidade da pesquisa

Reconhecidamente, a ciência vive uma crise de reprodutibilidade e replicabilidade que são os indicadores mais precisos da qualidade dos processos de pesquisa, cujos pilares mais importantes são as descrições abertas, na forma de documentos e de metadados, que reportam os fluxos de trabalho dos experimentos. Dispositivos tecnológicos importantes apoiam esses relatos como são, por exemplo, os cadernos abertos de laboratório. A abertura leva mais transparência e qualidade para a pesquisa, e a confiança na informação científica reforça a característica fundamental da ciência “como uma forma distinta de conhecimento com base em evidências e verificado em relação à realidade, à lógica e ao escrutínio dos pares científicos” (UNESCO, 2022, p. 18).

3.4 Pluralismo epistemológico

Significa que não somente os saberes gerados pela ciência institucionalizada - como a *big science* - sejam considerados como parte do estoque de conhecimentos oficialmente reconhecido, mas também todo conhecimento gerado por grupos comumente sub-representados ou excluídos como os provenientes dos povos originários, comunidades tradicionais, e pelas ciências acadêmicas alternativas, e que os detentores desses

saberes sejam reconhecidos, recompensados e beneficiados pela incorporação desse conhecimento aos processos industriais e comerciais. Esta dimensão inclui ainda o multilinguismo.

3.5 Colaboração e compartilhamento

O ideal da ciência aberta não se realiza sem alto grau de cooperação e de compartilhamento, cujas dinâmicas se instalam em diversos níveis – pessoal, institucional, nacional e internacional – e requerem novos padrões sociológicos mais velozes e participativos apoiados por tecnologias avançadas de computação e de interconexão global. As novas formas de colaboração e trabalho criam bases para o que o Relatório da UNESCO (2022) denomina de “inteligência coletiva”.

3.6 Transparência

O que se espera é que a ciência e seus processos e produtos possam ser verificáveis, sujeitos ao escrutínio por todos os segmentos sociais e suas evidências confiáveis. Os esquemas de avaliação e premiação acadêmicos e seus resultados devem ser publicamente abertos, formalizados, e sua construção deve contar com a participação das comunidades científicas, como as sociedades científicas e as instâncias governamentais apropriadas. A prestação de contas das atividades de pesquisa com a sociedade deve contar com meios de divulgação que decodifiquem, explicitem e justifiquem a importância dessas pesquisas para a sociedade e como os recursos estão sendo gastos.

3.7 Equidade

Preconiza que haja um tratamento equitativo por parte dos governos, agências de fomento e formuladores de políticas científicas a todos os pesquisadores e seus objetos de pesquisa, significando que os aportes dirigidos a segmentos específicos considerem as condições que os desfavorecem. Por exemplo: as mulheres cientistas que precisam de um prazo mais longo em seus cronogramas de pesquisa por conta de precisarem gestar, criar e educar seus filhos; os pesquisadores de países em desenvolvimento que necessitam de assistência básica, por exemplo, no projeto e construção de laboratórios dedicados a pesquisas de interesse local.

4. Desafios & barreiras

Ciência aberta não é um termo novo, mas seu envergamento contemporâneo incorpora novas visões e promessas ampliadas por diversos interesses científicos, políticos, estratégicos e sociais, que interpõem desafios e barreiras para a translação que todos almejam. Algumas barreiras à prática abertas podem ser endereçadas por meio do desenvolvimento de infraestruturas tecnológicas abertas, padronizadas e apropriadas às dinâmicas da ciência aberta, que poderíamos chamar de barreiras físicas, enquanto algumas outras só podem ser mitigadas por meio de mudanças bastante ponderadas em dimensões como institucionalização, políticas de reconhecimento e premiação, regulamentos, sustentabilidade econômica e práticas das partes interessadas nos empreendimentos de pesquisa, que poderíamos chamá-las de barreiras políticas e econômicas. Ainda há as barreiras culturais e cognitivas – barreiras mais subjetivas - provocadas por tradições disciplinares e comunitárias, visões distorcidas e pouco informadas sobre as práticas colaborativas e abertas, que para serem minimizadas exigem mudanças comportamentais e culturais. Precisa-se considerar ainda as barreiras éticas e legais, que estão interrelacionadas de forma complexa com outras esferas da ciência e da sociedade. Compreende-se que o rebaixamento de algumas barreiras tem um efeito mais contundente sobre o exercício da ciência aberta, do que outras, como por exemplo, a abertura de publicações, dados e códigos, porém a escala de abertura desses produtos de pesquisa depende também do equacionamento correto de todos os outros desafios que se entrelaçam e se sobrepõem. Essas barreiras tornam claro que é necessário um arcabouço organizacional,

técnico, político e regulatório – ou seja, um padrão de governança - dedicado às práticas da ciência aberta, que assegurem uma infraestrutura confiável para a integridade, a persistência dos objetos de pesquisa (National Academy of Sciences, 2018) e para o aprimoramento das práticas colaborativas.

No contexto da presente discussão, os desafios estratégicos são condições políticas, comportamentais, culturais, que precisam ser equacionadas na translação para uma visão estendida de ciência aberta e que requerem mudanças objetivas e subjetivas que devem ser construídas sobre um arcabouço infraestrutural específico (que será visto na seção 5). Na confluência dos desafios e infraestruturas, ações transversais precisam ser implementadas para que as visões e promessas da ciência aberta, como colaboração, transparência e confiança, qualidade, engajamento, sejam cumpridas, e os resultados e processos de pesquisa estejam amplamente disponíveis para escrutínio rigoroso da comunidade científica e para a consideração da sociedade como um todo, especialmente, na resolução de problemas complexos. Na discussão aqui proposta, enumeramos os seguintes desafios: abertura qualificada, disciplinaridade, mudança cultural, reconhecimento e recompensa, FAIRificação dos produtos de pesquisa, pesquisa interdisciplinar, transparência nos processos científicos, engajamento da sociedade e do setor produtivo, multiculturalismo, pesquisa em ciência aberta, bibliodiversidade, e responsabilidade socioambiental.

4.1 Abertura qualificada

A abertura da ciência não é um bem absoluto e irrestrito que não pode ser qualificado em escalas culturais, disciplinares e setoriais, mesmo quando se considera pesquisas financiadas por fundos públicos. Portanto, existem fronteiras legítimas e justificáveis nesse percurso que devem ser identificadas, contextualizadas e observadas para proteger valores comerciais, privacidade, primazia e competitividade inerente ao avanço da ciência e da inovação e garantir a segurança e proteção, incluindo segurança nacional. O relatório *Science as an open enterprise*, da Royal Society (2012, p. 44), considera esta condição quando analisa os limites da abertura, enfatizando que “existem quatro áreas onde existem restrições justificadas à abertura, que se relacionam com: interesses comerciais, informações pessoais, proteção e segurança nacional”, mas podemos ir um pouco além considerando ainda conjunturas objetivas e subjetivas tais como: competição na ciência, assimetrias críticas nas infraestruturas entre países do norte e do sul, escalas mais apropriadas de reconhecimento e recompensa e ainda os sistemas de crenças individuais, coletivas e culturais dos pesquisadores em razão dos seus contextos disciplinares e comunitários (Sayão, Sales & Felipe, 2021). Por exemplo, é necessário considerar que a competição é um aspecto relevante dos empreendimentos científicos, esse fato suscita que promover o acesso aberto a produtos de pesquisa antes do tempo necessário dos pesquisadores explorarem prioritariamente esses ativos – por meio de análises e publicações - pode ser em muitos casos contraprodutivo. Portanto, é preciso que “formuladores de política promovam a abertura ao mesmo tempo em que preservam a competitividade” (OECD, 2015, p. 16). Esse aspecto se estende ainda ao compartilhamento de dados entre a periferia e o centro, num panorama internacional em que a distribuição do esforço científico está em contínua mudança, refletindo a dinâmica da multipolaridade global. Nesse cenário, cabe destacar os desequilíbrios cruciais, que levam a tensões frequentes que se instalam entre países produtores de dados e países com maior capacidade analítica (UNESCO, 2022, p. 18). As assimetrias que se interpoem vão da ausência de benefícios aos países produtores de dados à escala injusta de reconhecimento dos esforços dos cientistas locais, colocados em posições secundárias - como meros coletores de dados - em relação aos pesquisadores envolvidos com os processos analíticos sofisticados. A discussão sobre a abertura qualificada se delinea com mais clareza se for analisada segundo uma ótica comunitária e disciplinar.

4.2 Ciência aberta e a tradição disciplinar

As diferenças na natureza da pesquisa e de seus objetos e domínios, na cultura e tradição de colaboração coletiva, definidas pelos percursos históricos e epistemológicos de cada espaço disciplinar e nos tipos de processos e de produtos de pesquisa gerados por seus empreendimentos científicos, a diversidade dos seus propósitos, a natureza técnica de suas tarefas e a estrutura organizacional, entre outros motivos, podem criar contornos ou limitações especiais no perfil de compartilhamento, reuso, ou na garantia da disponibilidade desses objetos por longo prazo (National Academy of Sciences, 2018, p. 56). Conforme ressaltam Pampel e Dallmeier-Tiessen (2014), a maioria das disciplinas ainda está longe do estágio ideal de implementação dos princípios da ciência aberta. Em muitas disciplinas não existem sequer padrões que orientem a descrição dos objetos de pesquisa (Pampel & Dallmeier-Tiessen, 2014). A escala de aderência é fluída: há disciplinas que têm uma longa tradição no compartilhamento de dados e de outros objetos de pesquisa, e seu progresso se dá em torno de fluxos de trabalho coletivo de pesquisa, inovação e descobertas, como, por exemplo, a astronomia, enquanto outras, para se alinharem de forma realística à ciência aberta, necessitam de considerações específicas no planejamento de suas políticas e estratégias de colaboração e compartilhamento, as áreas de química, por exemplo, por seu carácter mais competitivo e por suas conexões mais diretas com setores industriais e com o desenvolvimento de patentes, ou, ainda, as disciplinas das ciências sociais e biociências que precisam de processos especiais de proteção de dados, como anonimização, posto que lidam com informações sensíveis nas suas rotinas de pesquisa. Esse fato gera a necessidade de um conhecimento aprofundado sobre o ciclo de vida da pesquisa nesses contextos específicos. Assim sendo, o desafio que se coloca é desenvolver ações estratégicas para minimizar as barreiras que se interpõem às práticas abertas nas disciplinas mais fechadas em favor da aceleração do progresso científico, sem, entretanto, infringir seus referenciais comunitários mais permanentes.

4.3 Mudança cultural: abertura como meio de acelerar o progresso científico

Schelig e Friesike (2014) observaram que há uma discrepância considerável entre o conceito de ciência aberta e a realidade acadêmica. Baseados nos resultados de seus estudos, os autores argumentam que “enquanto muitos pesquisadores em teoria apoiam a ciência aberta, o pesquisador individualmente é confrontado com várias dificuldades e contradições quando colocam a ciência aberta em prática” (Schelig & Friesike, 2014, p. 1). Esse fenômeno, examinado através do prisma do dilema social, revela que o que é de maior interesse para a comunidade científica, não é necessariamente o de melhor interesse para o pesquisador individualmente. Os cientistas estão mais propensos a compartilhar suas experiências dentro de uma rede de confiança ou numa comunidade de pesquisadores, do que em espaços mais amplos. Verdadeiramente, “tempo, crédito, personalidade, bem como a cultura disciplinar específica cumprem um papel importante na determinação de atitudes em prol do compartilhamento de conhecimento” (Schelig & Friesike, 2014, p. 3).

A UNESCO (2022), reconhecendo essas idiossincrasias, recomenda que seus Estados-membros promovam e apoiem um entendimento comum sobre a ciência aberta, que enfatizem seus benefícios e os desafios associados, assim como os diversos caminhos que levam a sua realização, respeitando a diversidade de abordagens e práticas do domínio. No contexto mais amplo da pesquisa contemporânea, torna-se imprescindível identificar quais são as necessidades na formação dos pesquisadores e delinear as abordagens adequadas que supram as lacunas de conhecimento, compreensão e competências em torno do engajamento desses protagonistas em projetos mais colaborativos. Além disso, os programas de desenvolvimento de competências e conscientização nas práticas estendidas de ciência aberta devem ser disponibilizados para outras partes interessadas que orbitam em torno dos processos científicos, tais como profissionais de informação e computação, gestores de dados e membros do público não especialista, como jornalistas e professores de ensino médio, que têm papel crítico na divulgação e popularização da ciência. Porém, para que as práticas abertas se naturalizem, é preciso mudanças importantes nos esquemas de reconhecimento e premiação para os experimentalistas e teóricos que colocam a ciência aberta em movimento.

4.4 Métricas de reconhecimento e recompensa

A realização da visão da ciência aberta demanda que os cientistas tornem publicamente acessíveis os processos e produtos de suas pesquisas e, como uma prática esperada, se engajem no compartilhamento de dados e de outros objetos de pesquisa junto à sua comunidade. Todavia, a limpeza e processamento, reformatação, agregação, a FAIRificação, compreendendo a identificação persistente e descrição por metadados ricos e documentação, mais o armazenamento seguro e arquivamento de longo prazo requerem um esforço extraordinário em termos de recursos intelectuais, infraestruturas técnicas e administrativas e do tempo do pesquisador. Contudo, dado que normas e incentivos tradicionais - centrados na publicação em periódicos de alto impacto - ainda prevalecem nos sistemas acadêmicos e são determinantes na definição das formas de compartilhamento e colaboração (Scheliga & Friesike, 2014, p. 3), os “pesquisadores podem se prejudicar se eles priorizarem seus trabalhos de ciência aberta, que beneficia a comunidade, à custa de publicar mais artigos de periódicos” (National Academy of Sciences, 2018, p. 46). Scheliga e Friesike (2014, p. 8) são mais contundentes ao manifestar a tensão presente nos processos de gestão de dados: “O compartilhamento de dados só logrará sucesso quando valer a pena para um cientista tornar seus dados acessíveis”. Nesse cenário povoado por contradições, a transição para a ciência aberta requer uma revisão política e cultural que torne essencial que os pesquisadores sejam reconhecidos e recompensados por colocar todos os mecanismos da ciência aberta em movimento. Esse pressuposto tem um rebatimento sobre os protocolos administrativos dos principais *stakeholders* envolvidos, por exemplo: para as instituições de pesquisa, significa incluir práticas abertas na avaliação de desempenho e desenvolvimento de carreira; para os financiadores, significa incluir a abertura como um parâmetro do conjunto de critérios para financiamento de novas propostas e como parte das métricas de avaliação das atividades acadêmicas dos pesquisadores (Open Science NL, 2023).

4.5 FAIRificação dos produtos de pesquisa: abertura para humanos e máquinas

Os princípios orientadores FAIR - desenvolvidos por um grupo internacional que incluía representantes da academia, indústria, agência financiadoras de pesquisa, e editores científicos (Wilkinson *et al.*, 2016) - têm os seguintes objetivos: tornar os resultados de pesquisa **localizáveis**, tanto pela comunidade acadêmica mais ampla como por outros segmentos sociais, incluindo o setor produtivo; tornar os resultados de pesquisa **acessíveis** por meio do uso de identificadores persistentes, metadados e de linguagem e protocolos de acesso de uso corrente, por exemplo, via protocolos da internet; **interoperáveis** por meio de aplicações de padrões para codificar e trocar dados e metadados, possibilitando a realização de uma infoecologia de objetos de pesquisa; e **reusáveis** permitindo o repropósito/redistribuição/interpretação dos resultados da investigação em outros espaços de significação, maximizando o seu valor como objeto epistêmico interdisciplinar (Wouters, 2006). Quando combinados, estes quatro princípios são vetores importantes para reduzir as barreiras que impedem a visibilidade dos resultados da pesquisa e facilitar que potenciais pesquisadores secundários encontrem, ~~compreendam, reutilizem~~ **compreendam, reutilizem** e direcionem os produtos de pesquisa para novos *insights* e reanálises, otimizando

Nessa direção, os princípios FAIR orientam os pesquisadores e as organizações na produção e gestão de resultados de pesquisa, tendo como perspectiva um consumo mais amplo desses ativos informacionais, agora e no futuro. Isso se realiza de forma que os produtos de pesquisa possam ser compreendidos, reproduzidos, replicados e reusados, tanto por seus criadores como por outros pesquisadores de diferentes áreas e, especialmente, por *stakeholders* computacionais. É preciso destacar, porém, que objeto FAIR não significa objeto de pesquisa aberto conforme preconizado pela ciência aberta. Não obstante, os Princípios FAIR constituem diretrizes fundamentais para a realização plena do conceito atual de ciência aberta. “Dados que são abertos e [simultaneamente] FAIR maximizam o impacto da ciência aberta”, enfatiza a National Academy of Sciences (2018, p. 28).

Considerando que grande parte do progresso científico se dá na confluência de muitas disciplinas, métodos e enfoques, ou seja, pela pesquisa interdisciplinar, que pode ser catalisada pelos fluxos de pesquisa mais abertos e pela interoperabilidade e reuso dos processos e produtos de pesquisa, os princípios FAIR se tornam fundamentais na realização da visão interdisciplinar da ciência.

4.6 Ciência aberta como catalisador da pesquisa interdisciplinar

De forma crescente, solucionar problemas complexos de interesse da ciência e da sociedade requer uma multitude de métodos e de resultados científicos provenientes de uma prospecção transversal aos saberes de diferentes domínios disciplinares. Nessa visão, novos conhecimentos podem emergir do cruzamento de dados provenientes de diferentes comunidades (CNRS, 2020, p. 5). O enfoque interdisciplinar, apoiado pelas práticas da ciência aberta, capacita os pesquisadores a formularem e endereçarem questões inteiramente novas, na medida em que os fluxos de pesquisa são fortalecidos por resultados digitais abertos, integráveis e pesquisáveis, provenientes de diferentes áreas. O potencial informacional dos dados que se originam em diferentes disciplinas, sendo linkados e consultados para compreender fenômenos e sistemas complexos, é particularmente instigante. “Sem estas interações interdisciplinares, a resolução moderna de problemas é dificultada por deixar o conhecimento efetivamente trancado dentro de uma comunidade específica” (National Academy of Sciences, 2018, p. 31). Este *modus operandi* da pesquisa coloca a interoperabilidade dos sistemas, conteúdos e representações como um desafio crítico para os sistemas subjacentes aos *workflows* científicos, posto que a interoperabilidade exige aportes sofisticados em termos de padrões, metodologias e tecnologias abertas, e um nível elevado de FAIRificação dos objetos de pesquisa e transparência dos seus processos.

4.7 Transparência nos processos científicos: reprodutibilidade e replicabilidade

Um dos objetivos fundamentais da ciência aberta é aumentar a robustez e a qualidade das pesquisas pelo incremento da transparência dos processos subjacentes às atividades científicas. O dimensionamento desses requisitos está lastreado, principalmente, na ideia de que os resultados de pesquisa devem ser reprodutíveis, ou seja, o mesmo resultado é obtido quando os mesmos dados são reanalisados e replicáveis, significando que o mesmo resultado é obtido quando novos dados são coletados e analisados de novo por meio dos mesmos métodos e protocolos. Replicabilidade e reprodutibilidade só podem ser alcançadas quando os processos e materiais subjacentes à pesquisa estão disponíveis para que a integridade do trabalho possa ser salvaguardada e as descobertas verificadas. Mesmo quando se considera que “algum nível de irreprodutibilidade é normal na pesquisa, a incapacidade de replicar uma alta porcentagem de achados científicos debilita a credibilidade da ciência”, argumenta Wykstra (2017). A relevância da reprodutibilidade e da replicabilidade está relacionada ao aumento da confiança pública conferida pela transparência dos processos de pesquisa. Isto facilita a colaboração, a troca de conhecimento entre pesquisadores e o reuso, posto que um pesquisador pode confiar nos resultados de outros para dar prosseguimento às suas pesquisas. A capacidade de replicar e verificar este conhecimento é uma parte importante do processo científico. As normas da ciência aberta facilitam esta capacidade de replicar e verificar conhecimento, difundi-lo, esperando como retorno um reconhecimento social ou prestígio, além de adquirir conhecimento adicional (Chesbrough, 2015; Merton, 1942).

A vinculação da ciência aberta com a reprodutibilidade se torna mais direta quando a ciência aberta se realiza por meio de publicações, dados, códigos e metodologias abertas que habilitam os pesquisadores a confirmarem e reproduzirem os achados provenientes dos experimentos relatados. Assim sendo, a ciência aberta fortalece os mecanismos de autocorreção inerentes aos empreendimentos científicos, bem como a integridade e a qualidade dos experimentos, como confirmam Scheliga e Friesike (2014, p. 32): “Assegurar a

abertura e o acesso facilita pesquisas de melhor qualidade por meio da prevenção de erros e da descoberta e correção mais rápida e eficiente dos erros que possam ter ocorrido”.

4.8 Diversidade: diálogos com outros sistemas de conhecimento

O Relatório da UNESCO (2022) preconiza que ciência aberta deve respeitar, em escala planetária, a diversidade de culturas e de sistemas de conhecimento como um baluarte para o desenvolvimento sustentável. “A ciência aberta acolhe a diversidade de tópicos, disciplinas, práticas, linguagem, produtos e processos de diferentes comunidades (científicas e sociais)”, ratifica o Programa Nacional de Ciência Aberta da Holanda (NPOS), mesmo porque a própria comunidade científica precisa ser representativa da pluralidade da sociedade que pretende servir (NPOS, 2022, p. 5). Por conseguinte, o escopo da ciência aberta deve abranger um amplo espectro de conhecimentos, tópicos de pesquisa e resultados que apoiem as necessidades e, ao mesmo tempo, reflitam o pluralismo epistêmico das diversas comunidades de pesquisa. Devem abranger também o público em geral e os detentores de conhecimento, que estão fora dos domínios científicos convencionais. Essa abordagem inclui, com bastante ênfase, a construção de vínculos com os sistemas de conhecimento tradicionais, em especial, dos povos indígenas, comunidades locais e atores sociais de diferentes países e regiões e, ainda, grupos tradicionalmente sub-representados como mulheres e acadêmicos de países menos favorecidos. Compreende também o incentivo ao multilinguismo na prática da ciência, em publicações científicas e em comunidades acadêmicas (UNESCO, 2022; NPOS, 2022). Nessa conjuntura, o relatório da UNESCO (2022) alerta sobre a essencialidade do reconhecimento dos direitos dos povos indígenas e das comunidades locais de administrar e tomar decisões sobre a custódia, propriedade e administração de dado sobre o conhecimento tradicional, sobre suas terras e recursos, de acordo, por exemplo, como preconizado pelos princípios CARE² – sigla em inglês para benefícios coletivos, autoridade de controle, reponsabilidade e ética. Por essência, diversidade, equidade e inclusão como elementos agregadores das comunidades científicas são cruciais para a realização plena dos pressupostos da ciência aberta.

4.9 Engajamento e participação da sociedade

Os defensores da ciência aberta argumentam que a ciência precisa ser compreensível para um amplo espectro da sociedade e não somente para os pesquisadores e especialistas. Contudo, a maior colaboração entre cientistas e atores sociais que não fazem parte da comunidade científica demanda uma abertura conjugada com um processo de tradução das práticas e ferramentas utilizadas no ciclo de pesquisa, tornando o processo científico mais inclusivo e acessível à sociedade, com base em novas formas de comunicação e de colaboração e trabalho compondo uma “inteligência coletiva” (UNESCO, 2022, p. 13). Essa perspectiva é caracterizada por Fecher e Friesike (2013, p. 19) como “escola de pensamento pública”, que reconhece duas diferentes vertentes de comunicação: “a primeira preocupa-se com a acessibilidade do processo de investigação (a produção), a segunda com a compreensibilidade do resultado da investigação (o produto)”. Ambas as correntes envolvem a relação entre cientistas e a sociedade e definem a abertura como uma forma de pacto com um público mais amplo. A disseminação das informações provenientes do universo científico por meio de instrumentos de divulgação e popularização científica “constrói a confiança do público na ciência, ao mesmo tempo que aumenta o engajamento dos atores sociais para além da comunidade científica”, enfatiza o relatório da UNESCO (2022, p. 27).

As tecnologias digitais têm um papel determinante nessa interlocução dialética ciência-sociedade, visto que as metodologias de curadoria baseadas nos Princípios FAIR (Wilkinson *et al.*, 2016), aliadas à digitalização da comunicação permitem aos cientistas, por um lado, abrir o processo de pesquisas tornando-os mais transparentes para seus pares e, por outro, preparar e traduzir os produtos da sua pesquisa para não especialistas interessados. Essa dimensão pública da ciência alcança também uma outra face da interlocução com a

sociedade, que está baseada na crença de que o cidadão possui conhecimentos valiosos dos quais a ciência pode se beneficiar. Esta colaboração social na construção do conhecimento científico pode se manifestar principalmente pela participação do cidadão comum e dos cientistas amadores – por exemplo, astrônomos amadores - nos empreendimentos científicos. Ela é viabilizada pelas tecnologias modernas cuja dinâmica é descrita pelo termo “Ciência Cidadã”. A participação e articulação dos cidadãos se desenvolvem via modelos de pesquisas conduzidas por cientistas não profissionais, seguindo metodologias cientificamente válidas, visto que tipicamente essas pesquisas são realizadas associadas à programas científicos formais (UNESCO, 2022, p. 14).

Ao longo do tempo, “O significado do termo [ciência cidadã] não mudou; apenas experimenta uma nova magnitude à luz da moderna tecnologia de comunicação”, observam Benedikt Fecher e Sascha Friesike (2013, p. 23), posto que as tecnologias digitais dão condições excepcionais e inéditas na história da ciência para que o cidadão comum participe da criação do conhecimento científico, especialmente nos processos observacionais, como no monitoramento em larga escala de ecossistemas e da biodiversidade, porém em escala menor nos processos analíticos.

4.10 Engajamento do setor produtivo

Há um crescente consenso de que a ciência aberta tem um impacto significativo no setor produtivo. O aumento do acesso aos resultados científicos – na forma de publicação e dados – pode promover repercussões, não somente no universo acadêmico, mas também no sistema de inovação, por meio de processos de reuso de resultados de pesquisa para o delineamento de novos produtos e serviços. A UNESCO, já em 2012, constata este fato quando observa que 17% dos acessos ao *PubMedCentral* foram provenientes de empresas. Porém, além do papel de usuário, os setores empresariais têm um papel relevante como geradores de conhecimento, que podem ser enquadrados no escopo da ciência aberta, como destaca o Relatório da UNESCO (2022, p. 16): “os princípios da ciência aberta também devem orientar a pesquisa pelo setor privado”, especialmente nos domínios da inovação aberta.

A promessa da inovação aberta, de forma resumida, é apoiar a construção de pontes que partem da ciência aberta para a inovação, acelerando o processo de comercialização do conhecimento científico acumulado nos centros de pesquisa. Porém, é preciso considerar que as aspirais crescentes de geração de conhecimento promovidas pela ciência aberta não asseguram uma subsequente e efetiva incorporação desse conhecimento aos setores produtivos e comerciais. Todavia, não é um fluxo natural, dado que as “aplicações do conhecimento científico envolvem incentivos, contextos e mecanismos diferentes daqueles presentes na descoberta científica”, menciona Chesbrough (2015, p. 7). Por conseguinte, há impedimentos importantes que devem ser equacionados, cuja superação demanda o desenvolvimento de modelos de negócios apropriados à criação de novos valores na cadeia de inovação, bem como de modelos de proteção de propriedade intelectual que possam avançar a inovação ao invés de sufocá-la – visto que a “propriedade intelectual é crítica para a transição que a tecnologia deve trilhar no seu percurso do laboratório para o mercado”, observa Chesbrough (2015, p. 9), e, ainda, a configuração de instituições ou iniciativas dedicadas à aproximação da ciência com a inovação dado que, via de regra, o apoio à pesquisa cessa com a publicação acadêmica dos resultados da pesquisa e raramente há financiamento público para desenvolvimentos futuros e aplicações do conhecimento. Sem essas translações, “verdadeiramente, as normas da ciência aberta podem, de certa forma, criar desafios que impeçam a comercialização do conhecimento”, alerta Chesbrough (2015, p.1).

4.11 Pesquisa em Ciência Aberta

Na agenda da transição para a ciência aberta torna-se essencial pautar um programa de investigação acadêmica, cujo objeto seja a própria ciência aberta na qualidade de um fenômeno contemporâneo e interdisciplinar localizado no coração da ciência. A construção de um *corpus* de conhecimento sobre os

fundamentos histórico, epistemológico, técnico e científico sobre ciência aberta, cujos impactos têm uma configuração complexa e multidimensional, que permeia diversas áreas, como ciência da informação, computação, sociologia e ética da ciência, e, os domínios disciplinares onde se estabelecem, torna-se mais e mais relevante à medida que seus pressupostos e práticas se institucionalizam e se tornam parte das políticas públicas científicas nacionais e internacionais. Um programa de pesquisa em ciência aberta ajuda a identificar problemas, sugerir e avaliar sugestões em áreas relacionadas às práticas abertas. Tópicos importantes para uma agenda de pesquisa podem incluir: identificar barreiras e tensões na transição para a ciência aberta; plataformização da ciência aberta; fundamentos históricos e epistemológicos da ciência aberta; modelos de custo-benefício da implantação de práticas abertas; estudos comparativos sobre a naturalização das práticas abertas em diversos domínios disciplinares; inovação aberta como fator integrativo entre a pesquisa e o setor produtivo; e modelo econômico sustentável para a ciência aberta.

4.12 Bibliodiversidade: ampliando o conceito de publicação de produtos de pesquisa

A promessa da ciência aberta de alcançar um patamar elevado de produtos e processos relativos à pesquisa em acesso aberto e que permita um ótimo uso e reúso dos seus produtos é favorecida pelo conceito de “bibliodiversidade”, que estende a noção de publicação para além das formulações mais tradicionais e alcança a diversidade de objetos de pesquisa, como: cadernos de laboratório, *software* e códigos-fonte, dados, metadados, anotações, estudos de replicação e recursos educacionais de pesquisa. Considera também a diversidade de modos de publicação necessários à comunicação plena de todas as facetas da pesquisa, incluindo pré-impresos, publicações ampliadas, artigos de dados, resultados negativos, nanopublicações e canais de divulgação, como repositórios, *blogs*, *wikis* e redes sociais, reforçando a ideia de que existem diversas vias para publicar em acesso inteligentemente aberto que podem ser viabilizadas por plataformas de publicações em acesso aberto (CNRS, 2019).

4.13 Responsabilidade socioambiental

As práticas da ciência aberta mantêm uma conexão próxima com os desafios da sustentabilidade ambiental na medida em que abre possibilidade de reuso dos produtos de pesquisa nos contextos nos quais foram gerados, bem como em outros espaços de significação. Esta conexão se torna relevante na proporção em que a materialidade não tátil dos objetos digitais acarreta gastos consideráveis de energia e de outros recursos não renováveis na sua geração, processamento e armazenamento (Sayão, 2022). Os possíveis impactos ambientais se multiplicam nos processos de arquivamento necessários à preservação dos objetos digitais de valor contínuo por longo prazo, especialmente dos dados observacionais captados em eventos e fenômenos episódicos, cujas séries temporais atravessam muitas décadas, porém permitem análises ricas, como por exemplo, a avaliação da taxa de aceleração das mudanças climáticas. Isto resulta na necessária análise criteriosa e padronizada do que deve ser arquivado (Moneret *et al.*, 2024). As preocupações ambientais da indisponibilidade dos dados se estendem também ao sacrifício e ao sofrimento impostos aos animais usados por experimentalistas em suas pesquisas e também aos resíduos de pesquisa – que incluem materiais tóxicos e radioativos – que precisam ser gerenciados segundo protocolos apropriados e dispendiosos. Por conseguinte, a ciência aberta pode contribuir para a otimização da reutilização dos produtos e processos de pesquisa na integração, reanálises e meta-análises desses objetos científicos.

5. Arcabouço infraestrutural para as práticas abertas

Observa-se que é mandatório uma crescente **profissionalização e especialização** das ações de governança e de gestão de objetos de pesquisa, para que eles potencializem o seu protagonismo nas práticas de colaboração e

compartilhamento. Essas ações precisam convergir também para o apoio às novas modalidades de interações sociais entre pesquisadores de forma que cumpram o papel de catalisadores para a pesquisa em rede (Pampel & Dallmeir-Tiessen, 2014). É imprescindível também que todas essas ações estejam em harmonia com um arcabouço regulatório de ampla cobertura. Como resultado desse estudo, elencamos aqui requisitos transversais necessários para criar condições para o estabelecimento de um *framework* técnico, político e normativo sustentável favorável às ações necessárias à transição para a ciência aberta. São eles: infraestruturas tecnológicas, tecnologias abertas e serviços, capacitação para a ciência aberta, infraestrutura para publicações abertas, segurança e proteção, governança e sustentabilidade, regulamentação e monitoramento.

5.1 Infraestrutura tecnológica aberta: o motor da ciência contemporânea

A convergência tecnológica digital que permeia toda a sociedade torna a computação uma parte imprescindível também para processos científicos, na maioria dos domínios disciplinares, das ciências exatas até as ciências sociais, humanidades e arte & cultura, em escalas que vão da grande ciência até os pequenos laboratórios intensivamente conectados. Essa revolução digital viabiliza novos arquétipos sociais e comunicacionais, integrando esforços individuais e coletivos de experimentalistas e teóricos. Os métodos computacionais, para muitos estudos, se tornam essenciais para simulações, análises, transversalidade, reprodutibilidade e extensão das descobertas para outros espaços de significação. Numa perspectiva mais ampla, a revolução digital possibilita a reinvenção das práticas de pesquisa em todas as suas dimensões ancoradas, todavia, nos seus fundamentos essenciais.

De uma forma ou de outra, são as novas possibilidades introduzidas pelas tecnológicas digitais que transformam e, muitas vezes, revolucionam as práticas científicas tradicionais e que têm uma influência decisiva na naturalização das práticas da ciência aberta e nos fluxos atuais de geração de conhecimento. Nesse cenário se localizam as infraestruturas abertas, identificadas como os arcabouços técnicos e tecnológicos necessários ao desenvolvimento das dinâmicas pragmáticas que permitem que a ciência aberta se torne pervasiva por todo o território onde a pesquisa se realiza e alcance também os segmentos sociais não científicos. Se artigos, dados, códigos e outros produtos de pesquisa constituem o conteúdo que estarão disponíveis sob os princípios FAIR, as infraestruturas de ciência aberta são as ferramentas por meio das quais os produtos de pesquisa são criados, distribuídos e compartilhados, avaliados, reusados - por seres humanos e por máquinas -, armazenados e preservados (National Academy of Sciences, 2018).

As infraestruturas de ciência aberta incluem os principais equipamentos ou conjuntos de instrumentos científicos, laboratórios abertos e recursos baseados em conhecimento, como periódicos, plataformas de publicação de acesso aberto, redes de caderno de laboratórios, repositórios, sistemas de informação para a pesquisa e sistemas abertos de bibliometria e cientometria, para avaliação e análise de domínios científicos, infraestruturas abertas de serviços computacionais de alto desempenho e de manipulação de dados, que permitem análises colaborativas e interdisciplinares e maiores níveis de reprodutibilidade (UNESCO, 2022).

Neste arcabouço infraestrutural, incluem-se também serviços digitais essenciais para as práticas abertas e colaborativas de pesquisa e para facilitar a gestão, compartilhamento, acesso e reuso de objetos de pesquisa, como dados, publicações, códigos-fonte (NPOS, 2022; Open Science NL, 2023). Além da disponibilidade desses objetos, a abertura dos métodos de análise e dispositivos computacionais e de instrumentação são críticos para a avaliação, reprodutibilidade e extensão dos achados científicos, na medida em que um conhecimento profundo sobre os dispositivos laboratoriais, instrumentos, sensores, *softwares* analíticos e outros aspectos dos processos científicos experimentais são necessários para o uso efetivo dos dados (National Academy of Sciences, 2018, p. 57). Especificamente, dois componentes do processo de pesquisa são críticos nesse contexto: *softwares* científicos, cujos códigos-fonte são disponibilizados publicamente, sob licença aberta, de fácil utilização, documentados e modificáveis e que permitem reutilização e replicação; *hardware* aberto, que inclui especificação do projeto de um objeto físico, cuja licença permite que esse dispositivo seja estudado,

modificado, reconstruído e distribuído (UNESCO, 2022). Indo mais além, é preciso considerar ainda que as infraestruturas computacionais e representacionais precisam ser abertas e apresentadas por meio de **serviços** de diversos tipos – científicos, computacionais, informacionais, administrativos, que integram os diversos recursos disponíveis de pesquisa. Esta perspectiva constitui uma **ciência orientada por serviços**, que tem o potencial de aumentar a produtividade científica individual e, sobretudo, a coletiva, por meio da oferta de poderosas ferramentas de informação, colaboração e computação que enseja uma “plataformização” dos processos científicos. “Os serviços de ciência aberta devem ser vistos como uma infraestrutura essencial de pesquisa, governada pelas comunidades e financiada coletivamente por governo, agências de fomento e instituições”, apontam as recomendações da UNESCO (2022, p. 28) sobre Ciência Aberta. O relatório recomenda também que as infraestruturas de dados devem servir a todas as disciplinas científicas de forma equitativa independentemente do volume e da natureza dos dados que utilizam e dos métodos que empregam para processá-los (UNESCO, 2022, p. 24). Além do mais, os investimentos devem se estender às infraestruturas não digitais, como, por exemplo, reagentes, herbários, espécimes, amostras etc. Fica claro que todas as abordagens tecnológicas devem ser, o mais que possível, orientadas para as práticas específicas e disciplinares.

Como visto, a ciência aberta, na sua forma corrente, é baseada fortemente em tecnologias digitais e nas suas diversas manifestações. Isso cria a necessidade de investir na capacitação intensiva e permanente dos pesquisadores e *data steward*, nos métodos computacionais, no uso dos serviços viabilizados pelas plataformas abertas e na gestão dos produtos de pesquisa.

5.2 Capacitação para a ciência aberta

“A ciência aberta requer investimentos em capacitação e capital humano” (UNESCO, 2022, p. 26), posto que a profissionalização e educação avançadas são requisitos essenciais para colocar a ciência aberta em movimento (Open Science NL, 2023, p. 7). As iniciativas de capacitação fortalecem a base de um ecossistema de ciência aberta sustentável. As iniciativas apropriadas de capacitação permitem aos diversos *stakeholders* trilharem com mais segurança as vertentes técnicas, legais, sociais, culturais e éticas da ciência aberta, superando barreiras e avançando em direção à ciência aberta.

Como parte do engajamento dos pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação às práticas e valores da ciência aberta, há uma concordância de que eles precisam estar familiarizados com os princípios da ciência aberta e de seus benefícios científicos, sociais e pessoais, desde o começo dos seus estudos. Valores e práticas e as políticas concernentes à ciência aberta devem ser introduzidos nas agendas de debates dos grupos de pesquisa e incorporados aos currículos da graduação e, especialmente, da pós-graduação, por exemplo, nas disciplinas de metodologia científica, no sentido de facilitar e acelerar a transição para a ciência aberta, alinhando pesquisa à educação.

Um outro parâmetro que precisa ser inserido na presente análise é que a ciência se torna mais e mais dependente e confiante em métodos computacionais, gerando a necessidade de um maior número de pesquisadores com expertise suficiente em tecnologias digitais e computacionais, capacitados a contribuir e explorar os *softwares* abertos de pesquisa e com outras expertises necessárias, como ontologias, modelagem semântica e metadados, que endereçam os aspectos de interoperabilidade preconizados pelo FAIR (Open Science NL, 2023, p. 10). O relatório da UNESCO (2022) especifica que conhecimentos avançados em ciência de dados, incluindo análise, estatística, aprendizagem de máquina, inteligência artificial, visualização e capacidade de escrever códigos e usar algoritmos com ética e responsabilidade científica otimizam as oportunidades oferecidas pela ciência aberta.

Por outro lado, a consolidação de um arcabouço infraestrutural voltado para a ciência aberta requer a profissionalização das atuais equipes, formação de um maior número de especialistas – incluindo os profissionais que trabalham em prol do engajamento social e empresarial - e a atenção à emergência de novos papéis, como *data steward* e engenheiros de software de pesquisa. Nesse contexto, a OECD (2015) enfatiza a

urgência no crescimento da taxa de formação de profissionais especializados em dados de pesquisa, dimensionando que, de forma geral, a proporção ideal é de três profissionais de dados para cada 100 pesquisadores, que, todavia, ainda está longe de ser alcançada. Isso gera a necessidade de um aumento na capacidade de treinamento, na produção de materiais instrucionais e na certificação desses recursos. A colaboração em escala nacional e internacional para a construção de um arcabouço comum de capacitação são elementos-chave para a formação de massa crítica que movimente as engrenagens da ciência aberta.

5.3 Infraestrutura para publicações abertas

As plataformas de publicação abertas objetivam assegurar a “bibliodiversidade” nas comunicações acadêmicas, tanto de produtos como dos processos científicos subjacentes a eles, de forma que eles sejam claramente comunicados ampliando o nível de qualidade e reprodutibilidade das pesquisas e incentivando o compartilhamento e a colaboração. Para atender essas demandas da ciência aberta, as infraestruturas de publicações ampliam as suas possibilidades por meio de modelos editoriais aderentes aos princípios da ciência aberta e, ao mesmo tempo, acolhem novas formulações de publicações acadêmicas - como são os repositórios disciplinares, periódicos de dados, publicações ampliadas e as nanopublicações - que são capazes de comunicar não somente o resultado final, mas todo o ciclo de pesquisa, desde a formulação de hipóteses, desenvolvimento e testes de metodologias, coleta/geração, análise e armazenamento de dados e de outros produtos de pesquisa (UNESCO, 2022, p. 30), além de contextualizar os achados em espaços semanticamente conectados.

5.4 Expandindo o conceito de segurança e proteção

A gestão de informação científica, no âmbito da ciência aberta, coloca um desafio crítico para os profissionais de sistemas de *hardware* e de redes de computadores quando são demandados a desenvolver soluções para compartilhar dados e outros objetos de pesquisa confidenciais, sensíveis ou proprietários, de forma que estejam ao mesmo tempo protegidos contra incidentes não intencionais e ataques deliberados e maliciosos. Uma ciência aberta e mais intensiva em dados pressupõe graus elevados de segurança de informações sensíveis, posto que estas são pontos nevrálgicos de grande impacto na percepção individual e coletiva dos pesquisadores, dado as consequências éticas e legais de possíveis vazamentos e de sua irreversibilidade. A realização de uma ciência mais colaborativa pressupõe um equacionamento mais eficaz das questões de dados sensíveis e confidenciais. Requisitos conceitualizados por décadas pela Arquivologia e por tecnologias emergentes, como a *blockchain*, tais como proveniência, rastreabilidade e integridade precisam ser consideradas no projeto dos sistemas e nos padrões e boas práticas de gestão, que vão viabilizar o compartilhamento de produtos de pesquisa. Os repositórios confiáveis desempenham um papel importante na viabilização deste conceito expandido de segurança, que deve incluir ainda mudanças culturais e conhecimento sobre as normativas nacionais e internacionais sobre segurança da informação. Além do mais, a formação dos pesquisadores deve incluir uma compreensão do processo de identificação e notificação de riscos resultantes da pesquisa científica. Quaisquer diretrizes devem refletir o fato de que uma maior segurança pode resultar em uma maior abertura e um sigilo mais bem aferido e qualificado.

5.5 Governança e sustentabilidade

A ciência aberta deve se fundamentar em práticas abertas, serviços avançados e em tecnologias científicas e inovação, ancoradas por modelos de financiamento de longo prazo, cuja governança seja exercida prioritariamente pelas comunidades pertinentes, significando que as instituições de pesquisa deverão estar ativamente envolvidas na governança dos seus ativos de pesquisa.

Tornar dados, códigos e outros produtos de pesquisa abertos, curados, perenes e aderentes aos princípios FAIR envolve um elevado volume de aportes financeiros e outros recursos que precisam ser cobertos de forma

contínua e pelo tempo que for necessário. Complementarmente, as infraestruturas abertas devem ser organizadas e financiadas com base numa visão essencialmente sem fins lucrativos (UNESCO, 2022). Portanto, a proposta de um modelo econômico sustentável deverá ser estabelecida para apoiar todos os componentes do ecossistema FAIR voltados para práticas abertas, do planejamento ao arquivamento de longo prazo. Esta última etapa requer que custos humanos e financeiros sejam calculados segundo o valor temporal dos dados, especialmente para os dados observacionais de valor contínuo. A European Commission (2018) sugere que um outro aspecto que deve constar nesse modelo econômico é o dimensionamento do custo de não seguir os Princípios FAIR, inclusive na área de inovação aberta. Fica claro que os atores governamentais têm um papel natural de liderança na implementação e sustentação das infraestruturas que viabilizam a ciência aberta, porém os aportes são alocados caracteristicamente de forma desigual. Muitos projetos da “big science” – por exemplo: astronomia, física das altas energia e genômica – são financiados e empreendidos com a suposição inicial de que os dados resultantes são um produto central dos projetos. *Hardware*, *software* e outros recursos necessários que permitam acesso de longo prazo aos dados são previstos no orçamento e fazem parte dos custos do projeto. No território da pequena ciência, onde coletivamente se produz uma diversidade de produtos e processos de pesquisa que coletivamente supera a grande ciência em termos de volume, formatos, modelos e complexidade, mas que, entretanto, impulsionam a inovação e criatividade na ciência, os projetos são financiados por aportes de curto prazo que colocam seus produtos em vulnerabilidade e na condição de opacidade futura (Sayao *et al.*, 2021). Essa impermanência espacial e temporal tem um impacto considerável no potencial de reuso e reprodutibilidade/replicabilidade dos produtos de pesquisa, nos estudos interdisciplinares e na colaboração entre a grande e a pequena ciência.

5.6 Regulamentos

Para a realização da visão ampliada da ciência aberta é necessário desenvolver regras e normas para gerenciar as práticas compartilhadas que alinhem os diversos interesses da pluralidade de *stakeholders* envolvidos no complexo ciclo de vida da pesquisa científica, de forma que eles possam, efetivamente, contribuir com a visão ampla da ciência aberta, ao mesmo tempo que usufruem dos seus benefícios (National Academy of Sciences, 2018, p. 30). Por exemplo, as práticas e ações gerenciais da ciência aberta devem considerar a legislação pertinente à propriedade intelectual e as normativas que regulam o acesso, disseminação e reuso de dados, especialmente de dados sensíveis

A ciência é um empreendimento que está longe de ser realizado isoladamente, os seus agentes não só cooperam por meios de infraestruturas computacionais em rede, sendo eles próprios pontos de uma rede pervasiva que se ramifica independente de fronteiras geográficas. Este fato cria a necessidade de regulamentos e normativas mais abrangentes e alinhadas internacionalmente.

5.7 Monitoramento

O relatório da UNESCO (2022) enfatiza a necessidade de seus Estados-membros monitorar – segundo as suas estruturas de governo e disposições constitucionais – as políticas e os mecanismos relacionados às práticas de ciência aberta. Isto tem como propósito mensurar a eficácia e a eficiência de políticas e incentivos aplicados à ciência aberta, bem como dimensionar impactos na aceleração do progresso científico e os benefícios para os diversos segmentos da sociedade, e, ainda, avaliar os potenciais efeitos negativos de curto e longo prazo nos diversos contextos em que ela se desenvolve. Assim, essa dimensão envolve construir métricas qualitativas e quantitativas, com apoio das comunidades científicas e dos múltiplos atores envolvidos, por meio de infraestruturas abertas, para monitorar, analisar e avaliar atividades que transcorrem no âmbito da ciência aberta. Isto envolve, por exemplo, mensurar a qualidade das publicações de acesso aberto, *datasets* e códigos, a amplitude prática aberta, o desempenho dos projetos, o engajamento social e empresarial, a capilaridade de suas

ações e as iniciativas que implementam infraestruturas para a ciência aberta. Estes parâmetros, entre outros, são essenciais para permitir a avaliação e reportar os progressos alcançados e planejar os passos seguintes. Além do mais, o monitoramento, a avaliação dos processos, iniciativas e produtos da ciência aberta promovem a prestação de contas e a transparência na implementação das práticas de ciência aberta (Open Science NL, 2023, p. 27), envolve também coletar e divulgar, em grande amplitude, relatórios sobre progresso, boas práticas, inovação e pesquisa sobre ciência aberta e seus desdobramentos.

6. Stakeholders

A ciência é um empreendimento abrangente cujas ações, efeitos e interesses extrapolam o domínio acadêmico e científico e se imiscuem por toda a sociedade envolvendo, como desdobramento, um conjunto numeroso e diversificado de atores com demandas e responsabilidades específicas. Quando o seu escopo é a ciência aberta as fronteiras dos debates em torno da ciência parecem se ampliar, posto que outros aspectos não cobertos pelo núcleo mais autocontido da pesquisa se sobrepõem às promessas e ambições do progresso científico. Esse mosaico de interesses implica na necessidade de políticas, modelos e estratégias abrangentes que contemplem os interesses legítimos dos diversos atores. Assim sendo, existem múltiplos atores e partes interessadas nos sistemas de pesquisa e inovação e cada um deles tem um papel a desempenhar na operacionalização da ciência aberta. Para efeito deste ensaio, discutiremos rapidamente os seguintes atores:

6.1 Governo

A ciência aberta, na qualidade de um empreendimento institucionalizado em alto nível pelo Estado e com fortes conexões com estatutos e princípios adotados globalmente, requer intervenções contundentes do poder público e das instâncias jurídicas e legais. Portanto, para a realização da ciência aberta, tornam-se essenciais políticas e regramentos específicos favoráveis à ciência aberta, alinhamentos internacionais e a construção de arcabouços tecnológicos de amplo alcance e protocolos de incentivo às práticas abertas que assegurem a sua sustentabilidade contínua, cujas formulações precisam envolver toda a comunidade científica. Os governantes esperam que as práticas abertas se traduzam na aceleração do conhecimento, na economicidade de sua geração e na amplitude do seu retorno no nível de bem-estar social. Tomam, por muitas vezes, a ciência aberta como um investimento e esperam como retorno uma otimização da reutilização dos produtos de pesquisa gerados pelos projetos financiados por outros pesquisadores em novos projetos.

6.2 Agência de fomento

O poder transformativo das agências de fomento, no âmbito da ciência que se realiza pela concretização das políticas de Estado, tem impactos determinantes na institucionalização das práticas abertas nas comunidades científicas formalmente estruturadas. A começar pelo financiamento de construção/manutenção de infraestruturas abertas de pesquisa e pelo incentivo a fluxos de pesquisa que privilegiem a reprodutibilidade / replicabilidade dos experimentos, pela abertura dos produtos e processos, de forma que seja viável o seu reuso em outros empreendimentos, otimizando o custo-benefício do financiamento da pesquisa e evitando a duplicação de esforços. Outro papel importante se localiza na exploração de meios inovativos que assistam a transição do sistema baseado em subscrição e em APC,³ para novas estratégias de publicação que privilegiem os pressupostos da ciência aberta, como a publicação aberta e a bibliodiversidade.

Porém, seguindo o seu ideal de eleger para financiamento a “melhor ciência”, geralmente por meio de revisão por pares, as agências de fomento provocam algumas inconsistências nas políticas aplicadas à avaliação das práticas abertas. Por exemplo: de grande importância para a ciência aberta está a expansão dos critérios de reconhecimento e premiação aplicados pelas agências de fomento, que, via de regra, consideram,

prioritariamente, a publicação de artigos em periódicos qualificados e fechados e não em periódicos abertos; além do mais, não consideram os demais produtos de pesquisa, como *datasets*, códigos-fonte, *software* e *hardware* de pesquisa, modelos, metodologias e outros artefatos, que reconhecidamente necessitam de aportes financeiros, tempo e esforços intelectuais de seus autores para gestão e arquivamento em plataformas, como repositórios e base de dados. Assim sendo, uma demanda crítica das comunidades científicas é que os critérios de avaliação precisam estar equalizados com as políticas de ciência aberta preconizadas pelas próprias agências.

6.3 Editor científico

O cenário de mudanças velozes do ciclo de comunicação científica - algumas vezes paradoxais e disruptivas - demandam que os editores científicos incorporem aos seus seculares modelos de negócios novos parâmetros que se ajustem às exigências de novas práticas da pesquisa científica, cujo signo é uma constante evolução em termos tecnológicos, sociológicos e comportamentais.

A digitalização dos processos e produtos da editoração reconfigurou drasticamente a economia da editoração científica e a forma de consumo dos seus produtos. Porém, a institucionalização da ciência aberta e de suas prerrogativas são vetores importantes nesses deslocamentos paradigmáticos da editoração científica. Nessa direção, podemos citar a revisão por pares - um ponto crítico no fluxo de comunicação científica, que segue padrões anônimos, e que rapidamente evolui para padrões abertos, interativos, em rede, com créditos e remuneração para revisores cujas avaliações se incorporam ao texto original, qualificadas como contribuição -, e o avanço tecnológico que permite mineração de textos e dados e de outros reúsos produtivos sobre as publicações abertas, em conformidade com licenças apropriadas (National Academy of Sciences, 2018).

Por outro lado, há evoluções importantes no fluxo de publicação como são os *preprints*, redesenhados para conjunturas mais dinâmicas e, ainda, modalidades que incorporam tecnologias web, como as *Web Publishing*, e tecnologias semânticas, acionalidade por máquina e inteligência artificial, como são as nanopublicações que integram, via RDF e ontologias, afirmativas em áreas específicas (Schultes, Magagna, Kuhn, Suchánek & Mons, 2022).

Mas a evolução mais contundente talvez seja as novas modalidades de comunicação (ou interlocução) cuja dinâmica se equipara à velocidade da geração de conhecimento e são disruptivas em relação aos padrões tradicionais de publicação, como *blogs*, *wikis* etc.

Todas essas demandas implicam na necessidade de sistemas de publicação que incorporem a ideia em evolução da “bibliodiversidade”, entendida como a diversidade de formatos e meio de publicação ajustáveis às práticas específicas orientados pelas comunidades.

6.4 Universidade ou instituto de pesquisa

Apesar da geração de conhecimento constituir, nos dias de hoje, um fenômeno multipolarizado, ainda são as universidades e institutos de pesquisa os centros que têm a primazia na construção dos sustentáculos da ciência aberta e onde também se tornam mais óbvias as suas contradições. Nesses centros, projetos com orçamentos governamentais escassos e de curto prazo, equipes pequenas e levadas a cabo em laboratórios muitas vezes precariamente equipados - dificuldades que caracterizam a chamada cauda longa da pesquisa - produzem conhecimentos inovadores e disruptivos e a maior parte da literatura acadêmica. No entanto, grande parte desses saberes, que poderiam estar abertos e realimentando novas pesquisas, estão inacessíveis, fechados ou abertos sem tratamento. Isso acontece por vários motivos que vai da falta de infraestruturas tecnológicas adequadas, de profissionais especializados e incentivos institucionais a questões éticas, legais e disciplinares (Sayão & Sales, 2020). Estes obstáculos impactam profundamente a abertura dos conhecimentos gerados por financiamento público. Para superá-los, espera-se que as instituições de pesquisa trabalhem para criar uma cultura que ativamente apoie a ciência aberta, principalmente no âmbito da cauda longa, e reconheçam e

recompensem os pesquisadores envolvidos em práticas abertas. Espera-se também que as instituições de pesquisa envolvidas com os pressupostos da ciência aberta promovam pesquisa interdisciplinares sobre seus impactos na reconfiguração dos processos científicos, tais como: FAIRificação, replicabilidade, reprodutibilidade; promovam também treinamento e material didático em melhores práticas em ciência aberta para pesquisadores, estudantes e *data stewards*, como parte de seus currículos regulares; e promovam abordagens inovadoras para a ciência aberta em diferentes estágios do processo científico.

6.5 Setor produtivo

O setor público tem um papel claro de liderança, que deve ser exercido por suas diversas instâncias, na implementação dos pressupostos da ciência aberta. Todavia – como enfatiza o relatório da UNESCO (2022) – os princípios da ciência aberta devem orientar também a pesquisa financiada pelo setor privado. Por um lado, o setor produtivo consome dados, registros e informações abertas e financiadas por dinheiro público em seus processos, análises e produtos e serviços. Isto pode ser parcialmente constatado pelo grande número de consultas proveniente de empresas submetidas aos repositórios e bases de dados publicamente disponíveis (Chesbrough, 2015). Por outro lado, o setor produz dados e informações que são integrados aos dados gerados pelos fluxos da pesquisa científica financiados por dinheiro público. Isto pode ser observado com clareza nas reivindicações colocadas pelos pesquisadores da área de saúde em relação a abertura dos dados proveniente dos ensaios clínicos performados pela indústria farmacêutica. Vários padrões de interações entre universidade-empresa consubstanciado por princípios da ciência aberta estão sendo articulados. Um dos mais significativos é a inovação aberta (Chesbrough, 2015), cujas dinâmicas constroem uma nova forma de materializar esse diálogo. Espera-se que os financiadores de pesquisa do setor privado adotem enfoques compatíveis com os desenvolvidos pelas agências financiadoras públicas no planejamento, gestão, relatoria e curadoria no que concerne às práticas de ciência aberta, e os setores públicos construam políticas que incentivem as parcerias público-privadas.

6.6 Pesquisador

Alinhado aos processos institucionalizados de avaliação acadêmica, promoção e prestígio entre os pares, e aliado ainda a uma dose de inerente vaidade humana, o pesquisador, na qualidade de protagonista das práticas abertas procura maximizar a visibilidade de sua produção e cumprir os requisitos de produtividade definidas pelas agências de fomento. Isso inclui, por exemplo, o prestígio do periódico onde o pesquisador publica, o número de publicações e o seu sucesso junto aos financiadores. Além do mais, há as condicionantes disciplinares e as políticas e práticas de abertura preconizadas pela comunidade acadêmica onde o pesquisador atua, cujas conexões determinam os padrões de compartilhamento. Esse quadro nem sempre se coaduna com os princípios mais rigorosos da ciência aberta, que pressupõe uma abertura imediata dos resultados de pesquisa financiada por recursos públicos. Porém, o que se espera é que o pesquisador, considerando as condicionantes institucionais e comunitárias, lance mão das oportunidades que estão disponíveis em termos de infraestrutura tecnológica e de gestão para tornar os seus produtos de pesquisa tratados – preferencialmente, via Princípios FAIR - e disponíveis via plataformas abertas, e que ele seja reconhecido e recompensado por isso.

Outros atores sociais importantes se juntam a esse mosaico complexo e heterogêneo, como as sociedades científicas, os jornalistas e divulgadores científicos, os formadores de opinião e o cidadão comum, que contribui com seus impostos para a pesquisa científica, que exige que ela seja compreensível em termos do seu progresso, benefícios e desdobramentos negativos, e transparente na prestação de contas, ao mesmo tempo em que demonstra que dispõe de um estoque de conhecimento que podem ser agregadas à ciência mais formal e que suas contribuições podem ser relevantes. Contudo, os contornos da ciência aberta se tornam mais claros para a opinião pública nas suas prontas respostas a clamores avassaladores, como foi a pandemia de Covid-19 e

as catástrofes causadas pelas mudanças climáticas. Todos os *stakeholders*, do seu modo, representam a sociedade na sua quase totalidade.

Conclusão

O que foi visto neste ensaio é que a ciência aberta se apresenta como um paradigma emergente e transformador para a prática científica, proporcionando uma integração mais profunda entre os saberes produzidos no ambiente acadêmico e as necessidades da sociedade. No entanto, este modelo transcende o conceito utópico de acesso aberto, pois envolve uma verdadeira mudança nos métodos e na cultura da pesquisa, promovendo a colaboração interinstitucional e interdisciplinar, além de garantir maior transparência, reprodutibilidade e acessibilidade aos dados e produtos de pesquisa.

Para que a ciência aberta se consolide de maneira efetiva, é imperativo que as infraestruturas tecnológicas sejam robustas e escaláveis, permitindo a integração eficiente de sistemas de armazenamento, compartilhamento e gestão de dados, códigos e publicações. Além disso, a capacitação contínua dos pesquisadores e profissionais envolvidos – como *data stewards* e engenheiros de *software* – se torna um requisito fundamental para que todos os envolvidos compreendam e operem de forma eficaz dentro deste novo ecossistema digital. A ciência aberta exige também a adaptação das políticas públicas, com um forte alinhamento internacional, e a criação de um modelo econômico sustentável que permita o financiamento adequado das infraestruturas e da governança de longo prazo.

Ademais, a ciência aberta não pode ser dissociada da ética e da responsabilidade social. As práticas abertas devem ser orientadas para o benefício coletivo, promovendo a equidade entre os diferentes segmentos sociais e científicos, e garantindo que os dados e os resultados gerados com financiamento público sejam acessíveis a todos, independentemente da localização geográfica ou do nível de desenvolvimento das instituições. O modelo de governança precisa ser inclusivo e colaborativo, com a participação ativa de todos os *stakeholders* – governos, universidades, agências de fomento, setor privado, entre outros – para que se criem condições de justiça e transparência na utilização dos recursos e na implementação das práticas abertas.

Conclui-se, então, que a transição para a ciência aberta é uma promessa de transformação que não só acelera o avanço científico, mas também redefine a forma como o conhecimento é gerado, compartilhado e utilizado. A abertura dos processos de pesquisa, a valorização da diversidade epistemológica e a promoção de novas formas de colaboração e compartilhamento de conhecimento, são fundamentais para que a ciência se torne mais acessível, equitativa e inclusiva. A integração de saberes não tradicionais, como os provenientes de comunidades sub-representadas ou de saberes indígenas, é crucial para construir uma ciência mais plural e globalmente conectada.

Portanto, a realização plena da ciência aberta depende de um esforço conjunto entre todos os setores envolvidos na produção do conhecimento científico. A transformação da ciência aberta não se dá apenas em termos tecnológicos, mas também em uma mudança de mentalidade e de práticas institucionais, que devem estar alinhadas com os princípios de transparência, confiança e colaboração. Ao concretizar a ciência aberta, temos a oportunidade de criar um ecossistema de pesquisa mais dinâmico, interconectado e orientado para o bem comum, acelerando a inovação científica e promovendo avanços significativos para a sociedade global como um todo.

Por estes motivos, este ensaio procurou equacionar e relacionar as diversas visões, promessas, desafios e contradições, e as infraestruturais tecnológicas, políticas, mas na realização de um conceito real, expandido e socialmente mais comprometido. O exercício proposto partiu do princípio de que nenhum desses elementos, de forma isolada, consegue explicar completamente o fenômeno da ciência aberta e seus contextos, e as condições que permitem a transição para uma concepção mais abrangente de ciência aberta. Os elementos e suas relações, que formam a ecologia onde a ciência aberta se instala, foram discutidos e expressos num modelo

integrativo apresentado na Figura 1, que será futuramente base para a construção de um plano de ações estratégicas para o governo brasileiro.

Roles de colaboración

Luís Fernando Sayão: Escritura; revisión y edición, Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción, Visualización.

Luana Farias Sales: Escritura; revisión y edición, Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Curaduría de datos, Investigación, Recursos, Software, Supervisión, Validación. Escritura – revisión y edición, Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción, Visualización.

Agradecimentos

Ao CNPq e à FAPERJ pelo financiamento dessa pesquisa, através de nossas bolsas de produtividade 312627/2023-8 e 313188/2023-8 e edital Jovem Cientista do estado do Rio de Janeiro E26/201.380/2022.

À Teodora Marly Gama pela cuidadosa revisão.

Referências

- Centre National de la Recherche Scientifique. (2019). *Roadmap do CNRS para a ciência*.
- Centre National de la Recherche Scientifique. (2020). *Plano de dados de pesquisa do CNRS*.
- Chesbrough, H. (2015). *From open science to open innovation*. ESADE.
- European Commission. (2018). *Cost-Benefit analysis for FAIR research data - Cost of not having FAIR research data*. https://www.ouvrirlascience.fr/wp-content/uploads/2019/07/Cost-Benefit-analysis-for-FAIR-research-data_KI0219023ENN.pdf
- Fecher, B. & Friesike, S. (2013). Open science: one term, five schools of thought. In S. Bartling, & S. Friesike (Eds.), *Opening Science* (pp. 17–47). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-00026-8_2
- Foster. (2018). *What is Open Science? Introduction*. <https://web.archive.org/web/20181229190240/https://www.fosteropenscience.eu/content/what-open-science-introduction>
- Merton, R. K. (1942). A note on science and democracy. *Journal of legal and political sociology*, 1(1-2), 115-126.
- Moneret, F. B., Coutanson, R., Fiocca, A., Hernandez, C., León y Barella, A., Lerigoleur, É., Rodríguez, M. M., Paillassard, P., Robin, A., Tandar, S. & Tomasso, L. (2024). *Open Science: research data*. Université de Lille. <https://www.ouvrirlascience.fr/wp-content/uploads/2024/03/24-02-28-Donnees-EN-WEB.pdf>
- National Academy of Sciences. (2017). *Fostering integrity in research*. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/21896/fostering-integrity-in-research>
- National Academy of Sciences. (2018). *Open science by design: realizing a vision for 21st century research*. <https://nap.nationalacademies.org/read/25116/chapter/1>
- National Programme Open Science. (2022). *Open Science 2030 in the Netherlands: ambition document and rolling agenda*. <https://eosc.eu/wp-content/uploads/2023/04/NPOSAmbitionDocument-version-1.0.pdf>
- OECD. (2015). *Making Open Science a reality*. <https://ideas.repec.org/p/oec/stiaac/25-en.html>
- Open Science NL. (2023). *Open Science NL presents Work programme for 2024 and 2025*. <https://www.openscience.nl/en/news/open-science-nl-presents-work-programme-for-2024-and-2025>
- Pampel, H. & Dallmeier-Tiessen, S. (2014). Open Research Data: from vision to practice. In S. Bartling & S. Friesike (Eds), *Opening science* (pp. 213-224). Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-00026-8_14#citeas
- Royal Society. (2012). *Science as an open enterprise*. <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/sape/2012-06-20-saoe.pdf>
- Sayão, L. F. (2022). Uma contribuição aos estudos da materialidade dos objetos digitais informacionais. In G. Saldanha, P. C. Castro, & R. M. Pimenta, *Ciência da informação: sociedade, crítica e inovação*. IBICT. Coleção PPGCI 50 anos.
- Sayão, L. F. & Sales, L. F. (2020). A ciência invisível: por que os pesquisadores não publicam seus resultados negativos? *Informação & informação*, 25(4), 98-116. <https://doi.org/10.5433/1981-8920.2020v25n4p98>
- Sayão, L. F., Sales, L. F. & Felipe, C. B. M. (2021). Invisible science: publication of negative research results. *Transinformação*, (33), e200009. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202133e200009>
- Scheliga, K. & Friesike, S. (2014). Putting open science into practice: a social dilemma? *First monday*, 19(9). <https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/5381>

- Schultes, E., Magagna, B., Kuhn, T., Suchánek, M., & Mons, B. (2022). The comparative anatomy of nanopublications and FAIR digital objects. *Research ideas and outcomes*, (8), e94150. <https://riojournal.com/article/94150/element/4/8025864//>
- Tananbaum, G.; Gentemann, C.; Naim, K. & Marcum, C. S. (2024). A plan to develop Open Science's Green Shoots into a thriving garden. *Issues in science and technology*, 40(2), 24-27. <https://issues.org/wp-content/uploads/2024/02/24-26-Tananbaum-et-al.-Open-Science-Winter-2024-1.pdf>
- UNESCO. (2022). *Recomendação da UNESCO sobre Ciência Aberta*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949_por/PDF/379949por.pdf.multi
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J-W., Santos, L. B. S., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., ... Mons, B. (2016). The FAIR Guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data*, (3). <https://www.nature.com/articles/sdata201618>
- Wouters, P. (2006). What is the matter with e-science? – thinking aloud about informatisation in knowledge creation. *Panteneto forum*, (23). <http://pantaneto.co.uk/OLD%20site/issue23/wouters.htm>
- Wykstra, S. (July 2017). Paving the way to more reliable research. *Inside higher Ed. Online*. <https://www.insidehighered.com/views/2017/07/10/introducing-new-series-reproducibility-scientific-research-essay>

Notas

- 1 Principios FAIR para Gestión de Datos: <https://www.go-fair.org/fair-principles>
- 2 Principios CARE para Gobernanza de Datos Indígenas: <https://www.gida-global.org/care>
- 3 Article Processing Charges (APC) – taxa para processamento de artigos.