



ARTIGO

ACESSO UNIVERSAL E SIGNIFICATIVO À INTERNET ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, RESILIENTE E SEGURO DE INFRAESTRUTURAS UBÍQUAS DE COMUNICAÇÃO

POR

Lisandro Zambenedetti Granville, Luciano Paschoal Gaspari
granville@inf.ufrgs.br paschoal@inf.ufrgs.br

AInternet consolidou-se como infraestrutura essencial para a vida contemporânea, permeando atividades econômicas, governamentais, científicas, educacionais e culturais. Apesar disso, sua universalização ainda enfrenta barreiras relacionadas à disponibilidade, qualidade e uso efetivo dos serviços digitais. Estudos recentes mostram que estabilidade, velocidade adequada, segurança, acessibilidade e habilidades digitais são tão determinantes quanto a simples presença de infraestrutura para garantir conectividade efetiva [1]. A pandemia de COVID-19 expôs com clareza essas desigualdades, revelando limitações que afetam tanto áreas urbanas quanto regiões remotas.

O Grande Desafio do Acesso Significativo à Internet, proposto em 2025 pela Sociedade Brasileira de Computação, articula uma visão abrangente que combina avanços tecnológicos, inclusão social, sustentabilidade ambiental e proteção de dados. Essa agenda dialoga com recomendações internacionais de organismos como a ONU e a ITU, além

de se alinhar aos indicadores produzidos pelo CETIC.br [1]. A natureza multidisciplinar do desafio exige cooperação entre governo, academia, setor produtivo e sociedade civil para promover uma Internet verdadeiramente inclusiva.

O Desafio do Acesso Universal e Significativo

O conceito de acesso significativo estrutura a abordagem deste Grande Desafio. Ele envolve não apenas a existência de infraestrutura de rede, mas a capacidade de utilizá-la plenamente, com a satisfação de requisitos como confiabilidade, segurança, eficiência e acessibilidade. A conectividade deve viabilizar participação social, inclusão produtiva, inovação científica e acesso equitativo a serviços essenciais. Para tanto, é necessário enfrentar simultaneamente desafios tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais.

Do ponto de vista tecnológico, o desafio requer o desenvolvimento de infraestruturas de comunicação escaláveis, resilientes e energeticamente eficientes. A demanda crescente por banda larga, impulsionada por aplicações intensivas em dados, serviços em nuvem e dispositivos móveis, exige redes de alta capacidade e baixa latência. A evolução de tecnologias como fibras ópticas, 5G, 6G e redes não terrestres cria oportunidades importantes, mas também aumenta a complexidade operacional. Eventos climáticos extremos e desastres naturais, cujo impacto vem sendo detalhado por avaliações científicas recentes [2], refor-

çam a necessidade de arquiteturas capazes de sobreviver a falhas e se recuperar rapidamente, como discutido em estudos clássicos sobre resiliência de redes [5].

A segurança e a privacidade ganham centralidade nesse contexto. O aumento da superfície de ataque, a disseminação de técnicas maliciosas baseadas em inteligência artificial e a perspectiva de uma era pós-quântica tornam imprescindível o desenvolvimento de mecanismos avançados de proteção. Estratégias de defesa robustas e abordagens de governança voltadas para riscos emergentes tornam-se essenciais em um ambiente de comunicação cada vez mais distribuído e heterogêneo.

A universalização do acesso significativo depende, também, de superar barreiras sociais e cognitivas. Grupos como idosos, populações de baixa renda ou pessoas com menor escolaridade enfrentam dificuldades que vão além da infraestrutura, incluindo falta de confiança, medo de golpes digitais e baixa familiaridade tecnológica. Estudos demonstram que essas percepções influenciam fortemente a exclusão digital [4]. É fundamental que tecnologias e interfaces sejam concebidas de forma sensível às diversidades sociais, culturais e regionais.

A sustentabilidade ambiental é outra dimensão estruturante do desafio. O setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) apresenta consumo energético crescente e contribui para emissões relevantes de gases de efeito estufa. Avaliações recentes destacam a necessidade urgente de desenvolver infraestruturas

e softwares energeticamente eficientes, além de adotar práticas de engenharia verde [6–11]. O acesso significativo deve, portanto, ser promovido de modo a não aprofundar impactos ambientais existentes.

Avanços, Iniciativas e Oportunidades

O Brasil dispõe de iniciativas estratégicas associadas ao enfrentamento do Grande Desafio do Acesso Significativo à Internet. Os estudos do CETIC.br oferecem diagnóstico preciso sobre desigualdades regionais e socioeconômicas, permitindo orientar políticas públicas com maior eficácia [1]. Programas nacionais e estaduais de expansão de redes ópticas – como o Norte Conectado – ampliam a capilaridade da infraestrutura em regiões historicamente desassistidas. A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) desempenha papel fundamental na integração de instituições acadêmicas e científicas, oferecendo uma plataforma avançada que fomenta inovação, experimentação e formação de recursos humanos especializados.

Em âmbito internacional, organismos como a ITU e a ONU têm reforçado que a inclusão digital plena depende de indicadores que combinem disponibilidade de rede, qualidade de acesso, regularidade de uso, segurança e habilidades digitais. Essas orientações convergem com a abordagem adotada no presente desafio.

A próxima década apresenta oportunidades significativas para reconfigurar arquiteturas de redes e práticas de operação. A automação inteligente pode reduzir significativamente os tempos de

resposta e custos operacionais, além de ampliar a eficiência energética. Técnicas de programação avançada do plano de dados e soluções de virtualização oferecem maior flexibilidade e permitem adaptação contínua da infraestrutura [3]. A integração entre tecnologias móveis, ópticas e satelitais tem potencial para reduzir assimetrias territoriais. Na esfera da segurança, abordagens zero-trust e soluções preparadas para a era pós-quântica tornam-se cada vez mais necessárias. No campo ambiental, diretrizes internacionais sugerem que algoritmos, sistemas e datacenters devem ser projetados para reduzir emissões e otimizar consumo energético [7–11].

Considerações finais

O Grande Desafio do Acesso Significativo à Internet sintetiza uma agenda estratégica para promover conectividade inclusiva no Brasil. Ele articula avanços científicos, tecnológicos, práticas de sustentabilidade, medidas de segurança, mecanismos de inclusão e ações de governança capazes de orientar políticas e pesquisas na área. A Computação desempenha papel determinante ao fornecer métodos, ferramentas e modelos que sustentam a construção de infraestruturas resilientes, seguras e energeticamente eficientes. O enfrentamento do desafio exige colaboração contínua entre universidades, governo, setor produtivo e sociedade civil, com o objetivo de garantir que a Internet cumpra plenamente seu papel como instrumento de equidade, inovação e desenvolvimento nacional.

Referências:

1. CETIC.br. Conectividade significativa: propostas para medição e o retrato da população no Brasil. 2024. Disponível em: <https://cetic.br/pt/publicacao/conectividade-significativa-propostas-para-medicao-e-o-retrato-da-populacao-no-brasil/>. (Acesso em: novembro de 2025). IPCC. Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, 2023, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
2. da Costa Cordeiro, W.L., Marques, J.A. & Gaspary, L.P. Data Plane Programmability Beyond OpenFlow: Opportunities and Challenges for Network and Service Operations and Management. *J Netw Syst Manage* 25, 784-818 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10922-017-9423-2>.
3. Holgersson, J., Kävrestad, J., Nohlberg, M. (2021). Cybersecurity and Digital Exclusion of Seniors: What Do They Fear? In: Furnell, S., Clarke, N. (eds) Human Aspects of Information Security and Assurance. HAISA 2021. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 613. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81111-2_2.
4. Sterbenz, J. P., Hutchison, D., Äetinkaya, E. K., Jabbar, A., Rohrer, J. P., Schöller, M., & Smith, P. (2010). Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines. *Computer Networks*, 54(8), 1245-1265.
5. Ayers, Seth; Ballan, Sara; Gray, Vanessa; McDonald, Rosie. Measuring the Emissions and Energy Footprint of the ICT Sector: Implications for Climate Action (English). Washington, D.C.: World Bank Group. 2021. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099121223165540890>
6. IEA (2024). Electricity 2024. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>.
7. European Union. Energy Efficiency Directive. 2024.
8. R. D. Caballar, "We Need to Decarbonize Software: The Way We Write Software has Unappreciated Environmental Impacts," in *IEEE Spectrum*, vol. 61, no. 4, pp. 26-31, April 2024, doi: 10.1109/MSPEC.2024.10491388.
9. GHG Protocol. Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. (2024).
10. T. C. Fishman, "Climate Tech: The AI Boom Rests on Billions of Tonnes of Concrete: Why Tech's Climate Pledges Require the Reinvention of Concrete," *IEEE Spectrum*, vol. 61, no. 11, pp. 58-69, Nov. 2024, doi: 10.1109/MSPEC.2024.10748563



LISANDRO ZAMBENEDETTI GRANVILLE possui doutorado (2001) e mestrado (1998) em Ciência da Computação pela UFRGS. Atualmente, é Professor Titular no Instituto de Informática da UFRGS e atua no Grupo de Redes de Computadores, conduzindo projetos de pesquisa nas áreas de gerenciamento de redes e serviços. Realizou estágio como pesquisador visitante na Universidade de Twente (Holanda) entre setembro de 2007 e agosto de 2008. Foi Presidente da Sociedade Brasileira de Computação (2015-2019), Diretor do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Digitais em Informação e Comunicação da RNP (2009-2020), membro do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br, 2008-2025) e Executive Chair da IEEE GLOBECOM 2022. Foi membro de comitês assessores do CNPq e FAPERGS, além de integrar conselhos editoriais de periódicos na área, como TNSM, IJNM e JNSM. Recebeu o prestigiado Prêmio Salah Aidarous da IEEE Communications Society em 2022 e, em 2025, recebeu o Prêmio Newton Faller da SBC. É atual Diretor-Geral da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). O Prof. Granville é autor de dezenas de publicações em periódicos internacionais e tem histórico expressivo na organização e coordenação de eventos científicos de destaque. Mais detalhes sobre sua trajetória podem ser encontrados em <http://www.inf.ufrgs.br/~granville/>.



LUCIANO PASCHOAL possui doutorado em Ciência da Computação (UFRGS, Brasil, 2002). Atualmente, é Diretor e Professor Titular no Instituto de Informática da UFRGS. Foi Vice-Diretor do Instituto de 2016 a 2024. Atuou como Editor-Chefe do *Journal of Network and Systems Management* (JNSM) de 2019 a 2022. Trabalhou como Diretor do Laboratório Nacional de Redes de Computadores (LARC) de 2008 a 2014 e, de 2009 a 2013, foi Diretor Administrativo da Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Tem se envolvido na área de gerenciamento de redes e serviços por mais de 25 anos. Recebeu o prestigiado Prêmio Dan Stokesberry da IEEE Communications Society em 2023 em reconhecimento às suas contribuições técnicas para o crescimento da área. Nos últimos anos, seu grupo tem trabalhado principalmente em cibersegurança e programabilidade do plano de dados para resolver problemas de gerenciamento emergentes. É autor de mais de 160 artigos completos publicados em periódicos internacionais de renome e possui um histórico de dedicação a diversas atividades de pesquisa, incluindo a coordenação de diversos eventos. Mais detalhes sobre a trajetória do Prof. Gaspary podem ser encontrados em <http://www.inf.ufrgs.br/~paschoal/>.