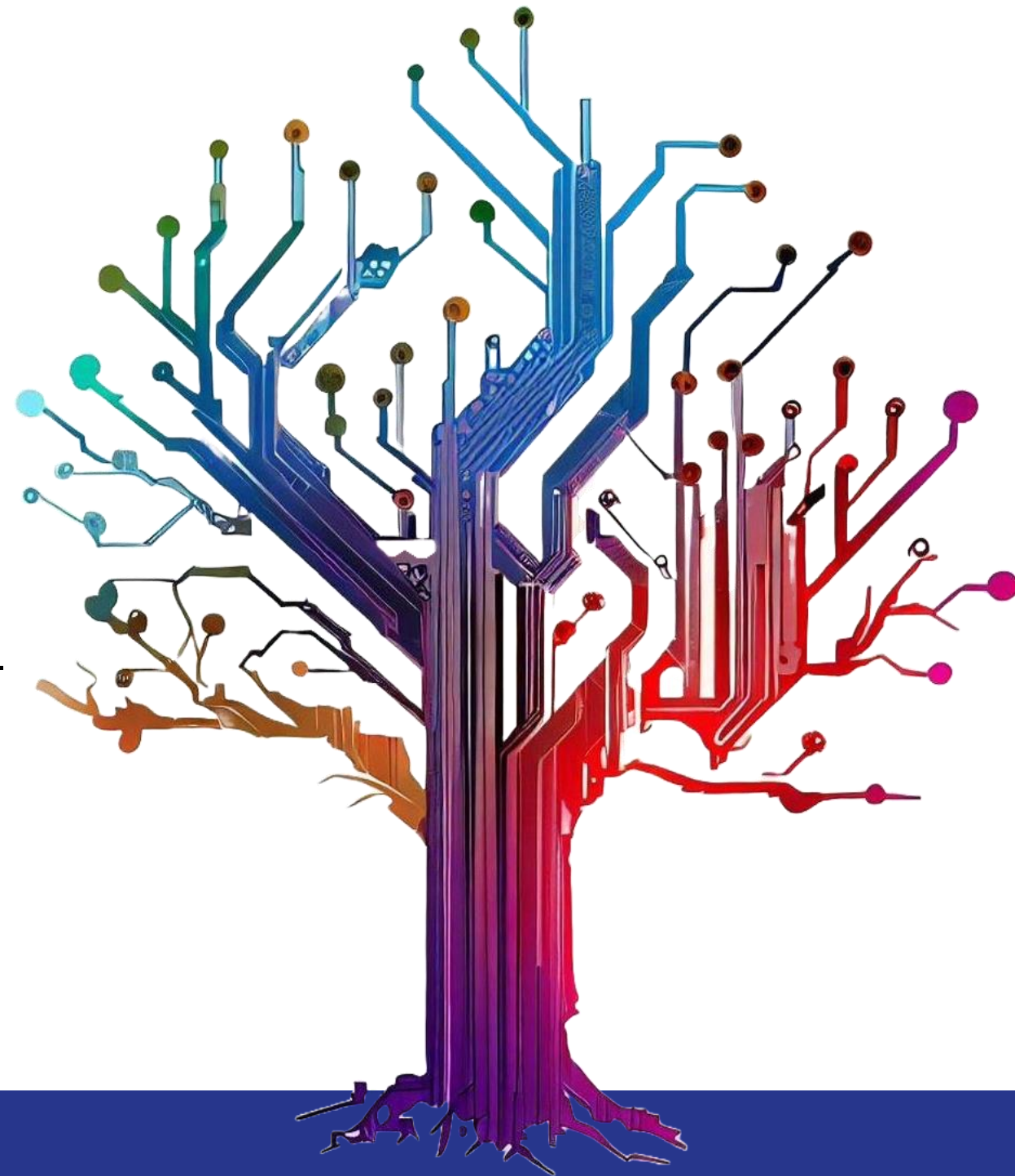


IPE DIGITAL

De Ideias a Impacto

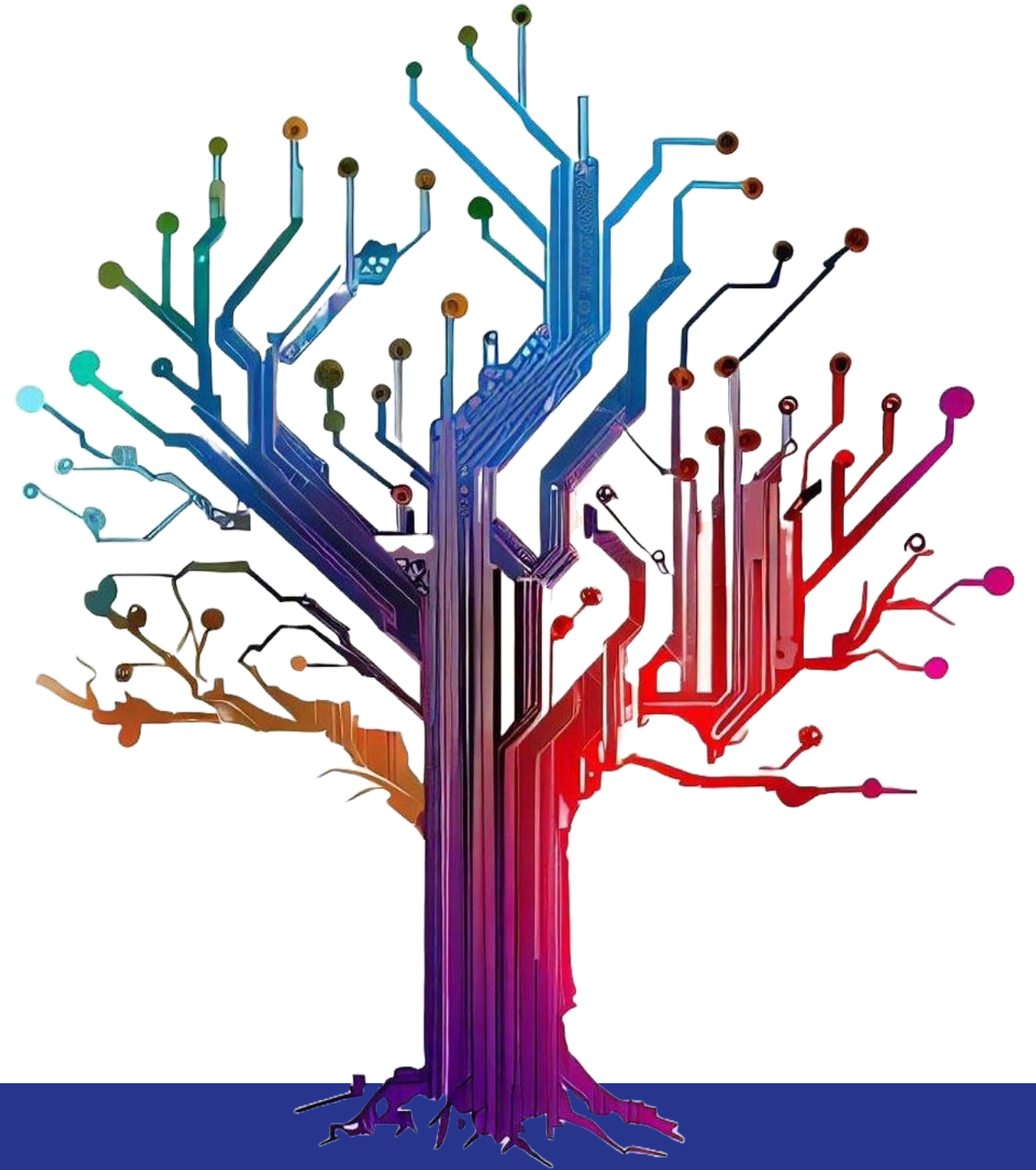
Instituto de Pesquisa para Economia Digital

Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação privada -
ICT privada (sem fins-lucrativos)



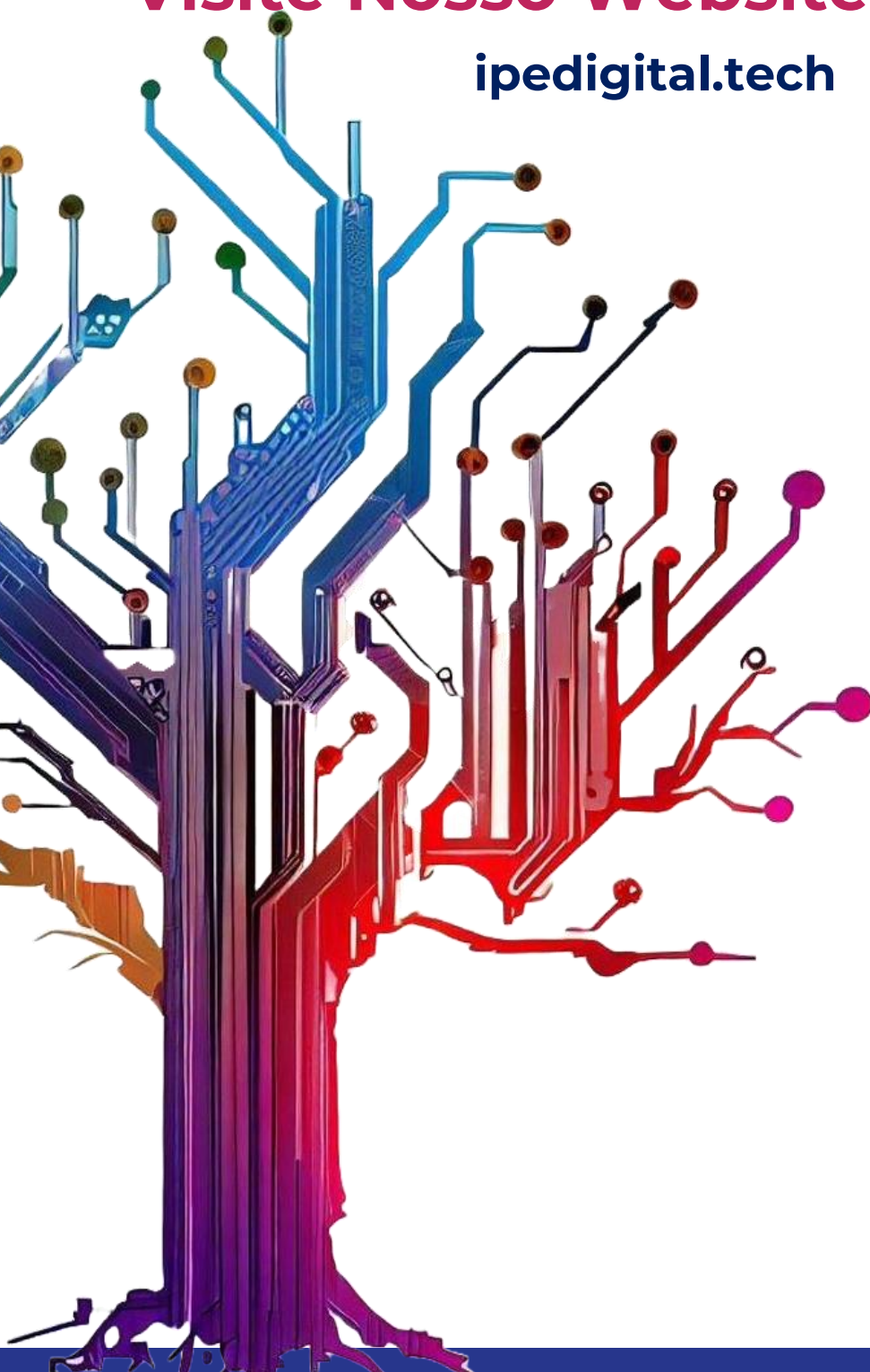
IPE DIGITAL

Estudos sobre o uso da faixa de 6/7 GHz no Brasil



Visite Nosso Website

ipedigital.tech



IPE DIGITAL

USO DA FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS DE 6GHZ PARA SISTEMAS IMT (5G E FUTUROS SISTEMAS 6G) MAXIMIZARÁ OS BENEFÍCIOS ECONÔMICO-SOCIAIS PARA O BRASIL

Fundamentação e Modelo Matemático

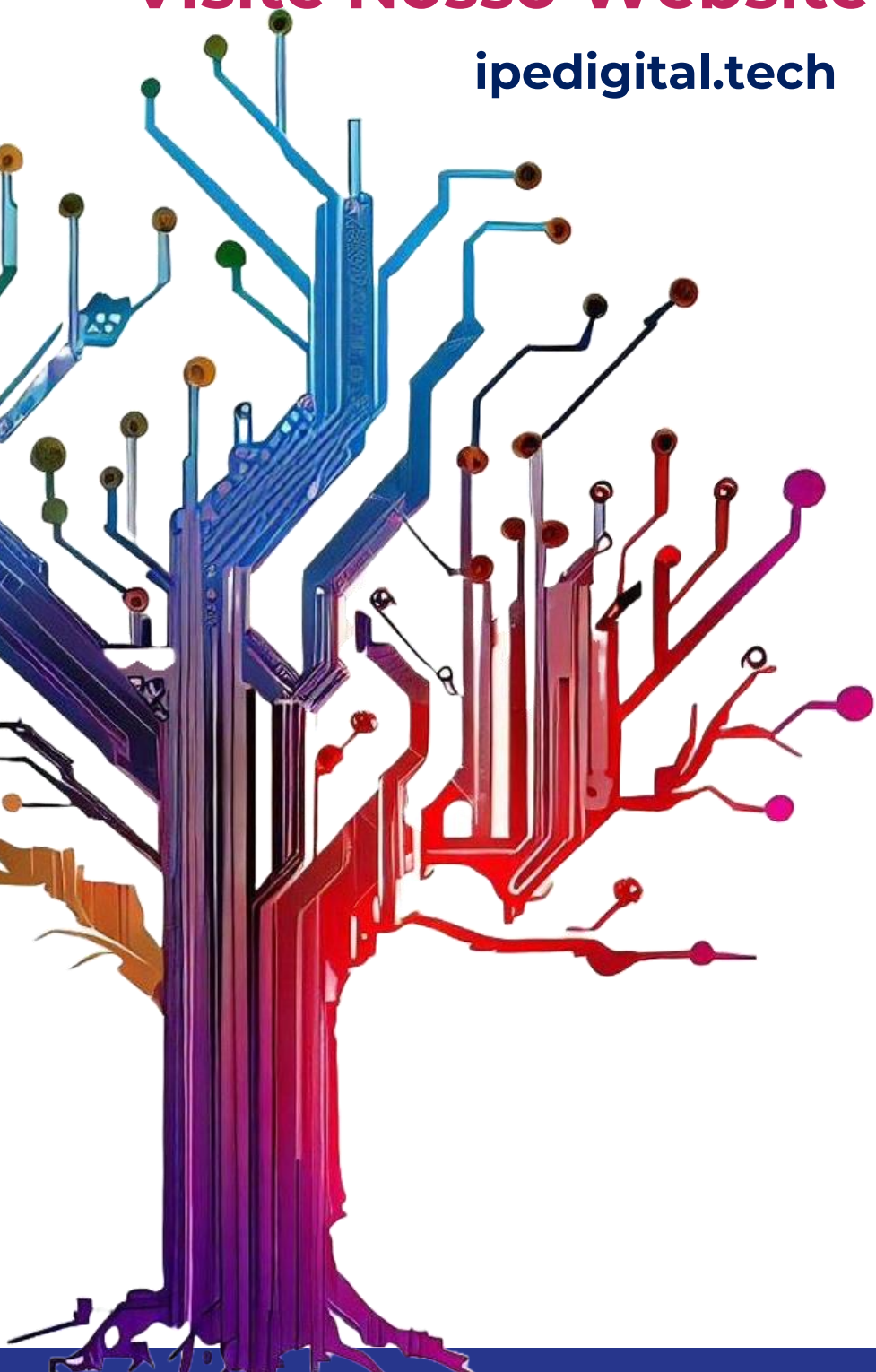
Por [Agostinho Linhares](#) e [Leonardo Euler da Moraes](#)

<https://ipedigital.tech>

2024

Visite Nosso Website

ipedigital.tech



IPE DIGITAL

SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO DE MACROCÉLULAS URBANAS IMT OPERANDO EM 6/7 GHZ E EM 3,5 GHZ

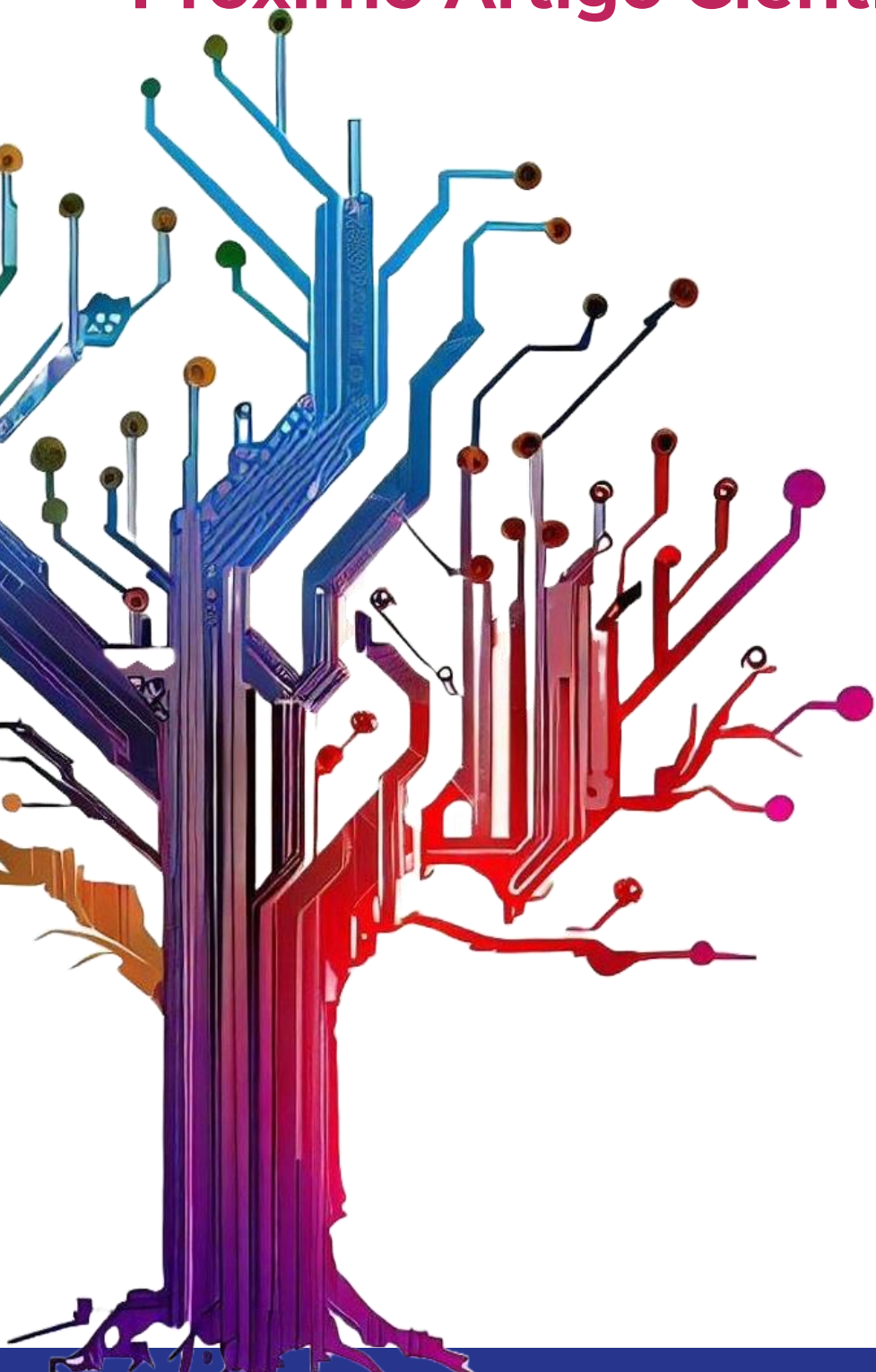
Modeladas Conforme Diretrizes da ITU

Por Agostinho Linhares e Leonardo Euler de Moraes

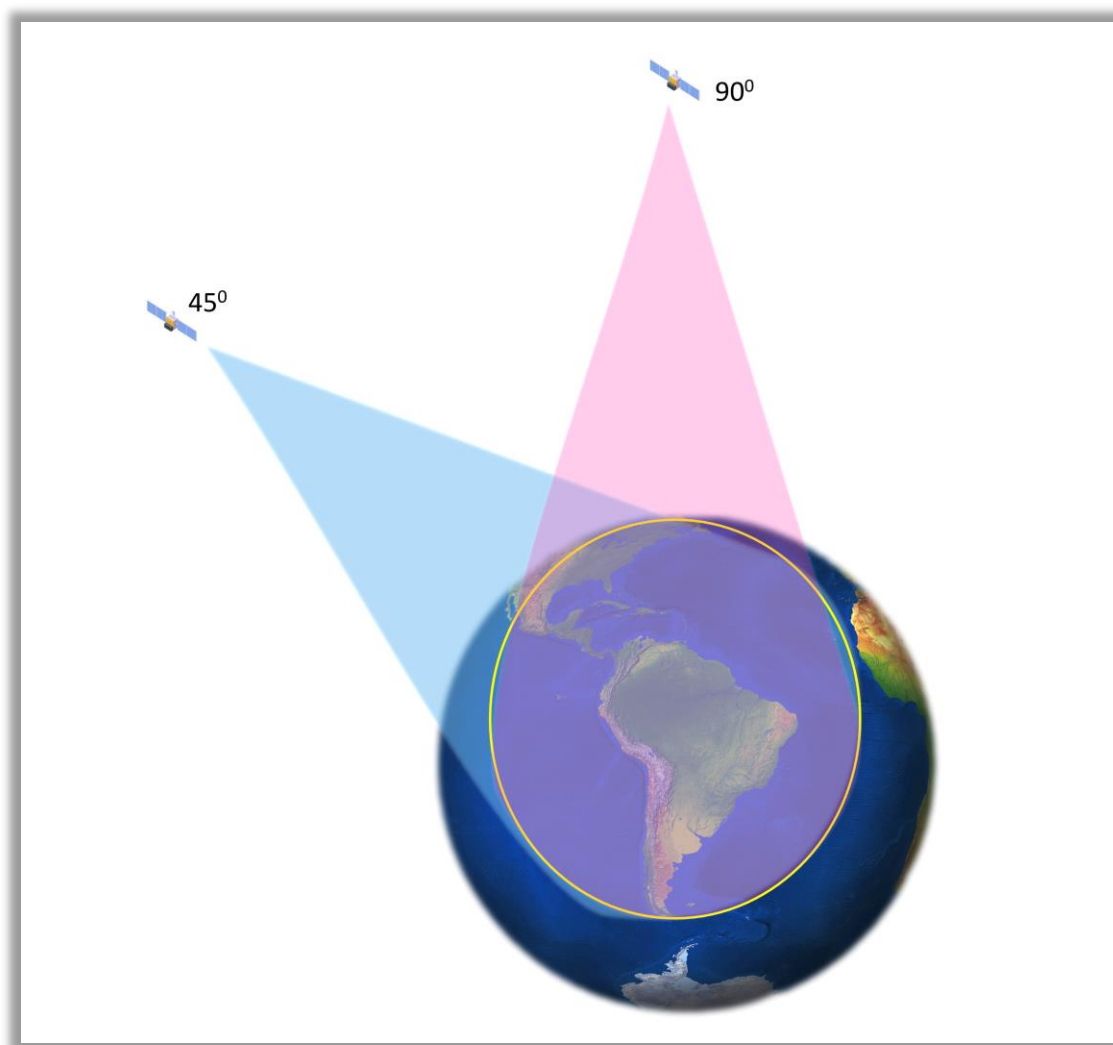
<https://ipedigital.tech>

2024

Próximo Artigo Científico

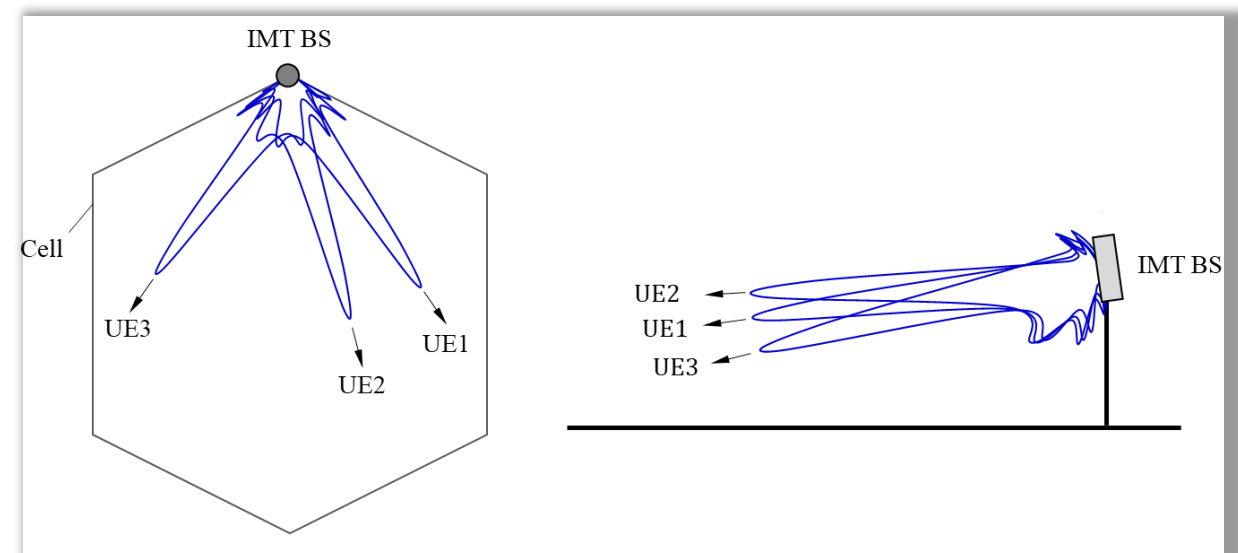
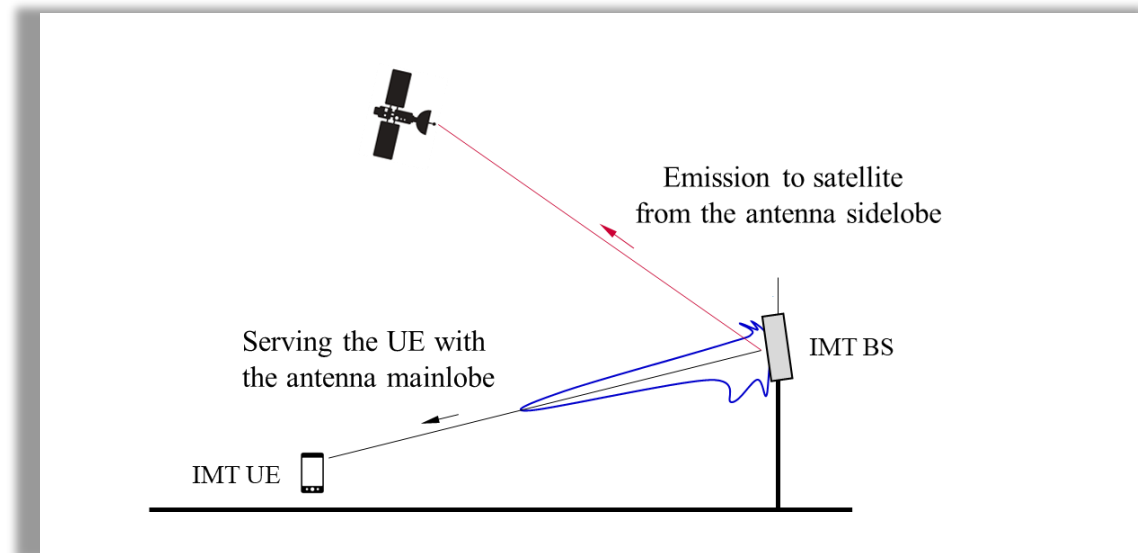


Proteção do FSS (Terra-espço) em relação a sistemas IMT



Proteção do FSS (Terra-espaço)

Estudo de Convivência Conforme Diretrizes da UIT



Proteção do FSS (Terra-espaço)

Solução da WRC-23: Resolução 220(WRC-23)

Vertical angle range $\theta_L \leq \theta < \theta_H$ (vertical angle θ above horizon)	Expected e.i.r.p. (dBm/MHz) (See NOTES 1, 2 and 3)
$0^\circ \leq \theta < 5^\circ$	27
$5^\circ \leq \theta < 10^\circ$	23
$10^\circ \leq \theta < 15^\circ$	19
$15^\circ \leq \theta < 20^\circ$	18
$20^\circ \leq \theta < 30^\circ$	16
$30^\circ \leq \theta < 60^\circ$	15
$60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$	15

$$P_1(\theta_0, \varphi_0) = \sum_{n=1}^N w_n P(\theta_0, \varphi_0; \alpha_n, \beta_n)$$

$$\bar{P}_{\theta_L \theta_H} = \frac{1}{2\pi(\sin \theta_H - \sin \theta_L)} \int_{\theta_L}^{\theta_H} \int_{-\pi}^{\pi} P_1(\theta, \varphi) \cos(\theta) d\varphi d\theta$$

The averaging processes in steps 1 and 2 shall allow for accurate averaging of the expected e.i.r.p (e.g. to the confidence interval of 95%).

Propostas para 6/7 GHz

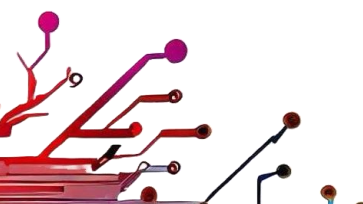


- **Referências internacionais**

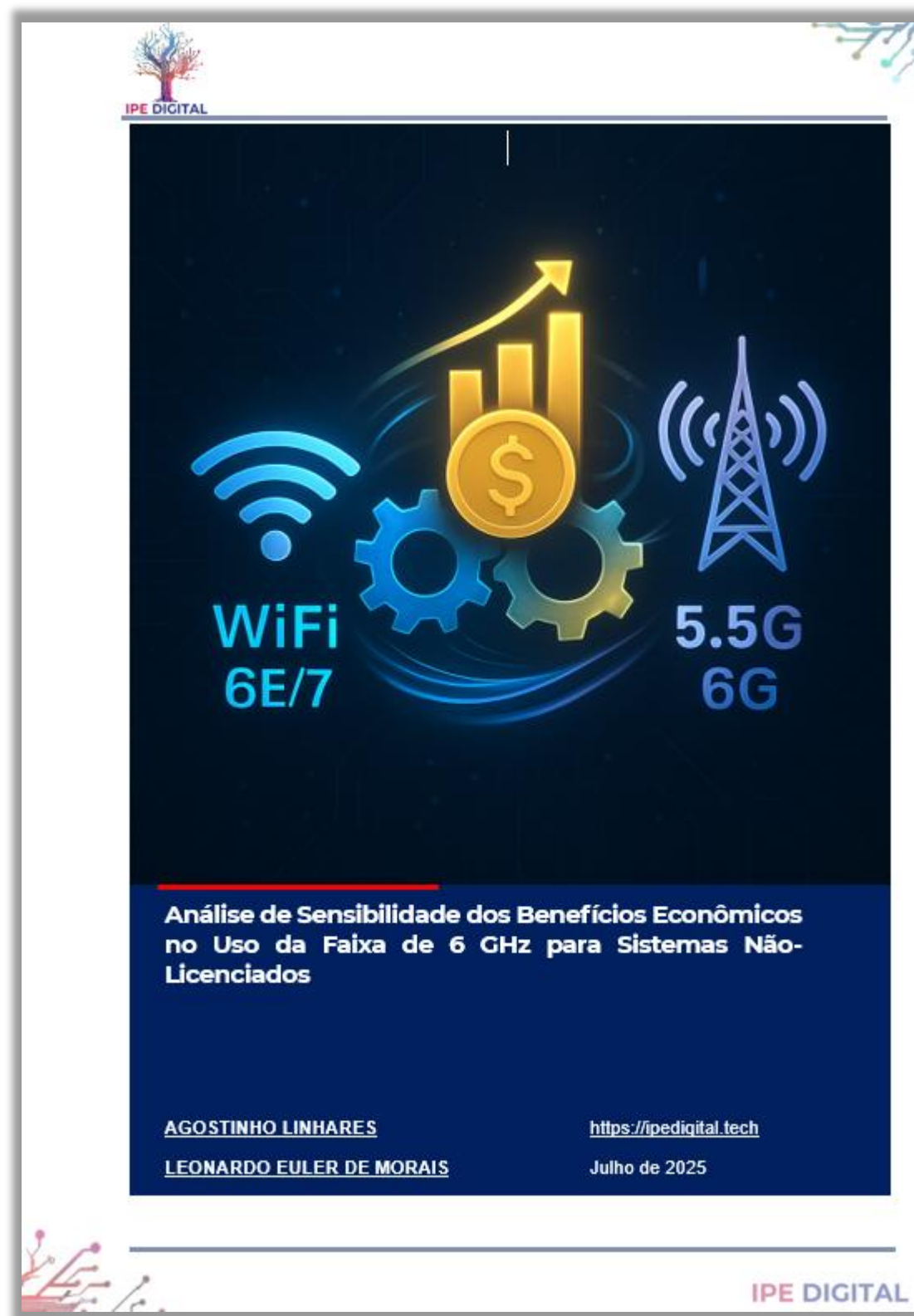
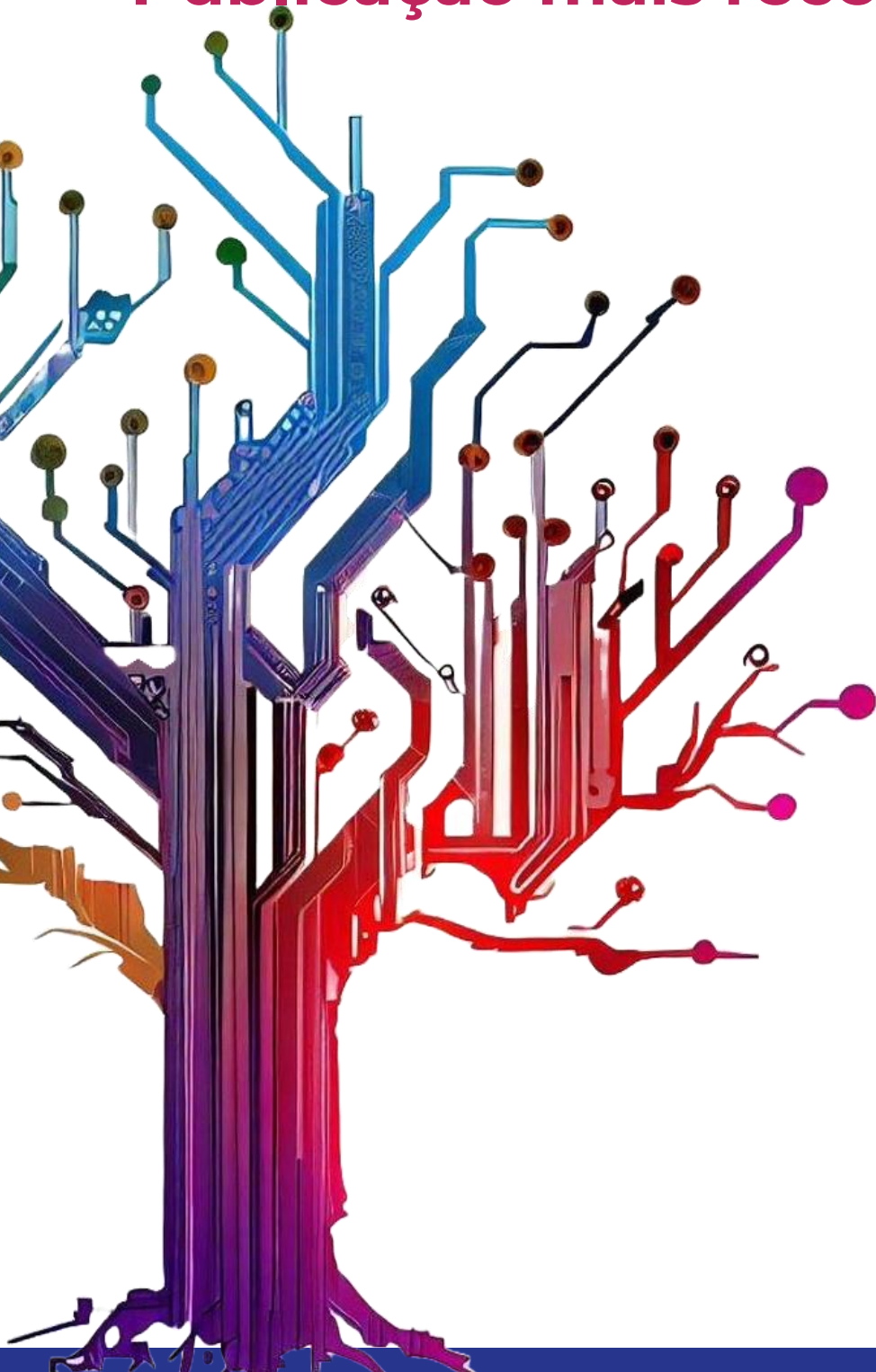
- 3GPP TS 38.104 V19.0.0 (2025-03)
- 3GPP TS 38.141-2 V19.0.0 (2025-03)
- Resolução nº 220 (WRC-23)

- **Proposta Adicional**

- Ampliação de espectro para WiFi em 5,8GHz? (até 5.895 MHz)
 - Isso permitiria 3 canais de 160 MHz na faixa de 5 GHz



Publicação mais recente



Outro estudo indicou que seriam 10 vetores que impactariam o valor econômico

- Aumento da velocidade média da internet pela redução do congestionamento WiFi
- Aumento da cobertura banda-larga e aumento na capacidade de compra
- Utilização ampla de Internet das Coisas
- Redução do Custo Empresarial da Comunicação Sem-Fio
- Utilização de soluções AR/VR (realidade aumentada e realidade virtual)
- Aumento na utilização de WiFi Municipal
- Utilização de Pontos de Acesso WiFi Livre
- Alinhamento da decisão de uso do espectro com outras economias avançadas
- Aumento na capacidade de off-loading de tráfego
- Dispositivos WiFi e Equipamentos

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi



Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Tab. V – Brasil: Estimativa das conexões banda larga fixa afetadas pela decisão de 6 GHz (2024-2034)

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
(1) Residências que têm conexões acima de 150 Mbps	61,08%	72,68%	84,28%	94,83%	96,19%	97,16%	97,86%	98,37%	98,75%	99,03%	99,24%
(2) Parcela do tráfego doméstico que passa por WiFi (%)	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%
(3) Percentual do tráfego total WiFi na faixa de 6 GHz (%)	30%	37,50%	45%	52,50%	60%	67,50%	75%	80%	85%	90%	95%
(4) Parcela de tráfego afetado devido ao 6 GHz (%)	15,48%	23,03%	32,05%	42,07%	48,77%	55,42%	62,02%	66,50%	70,93%	75,31%	79,67%
Obs.: (4) = (1) x (2) x (3)											

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Tab. VI: Brasil: Estimativa de Velocidade banda larga fixa em conexões afetadas pela decisão de 6 GHz

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
(5) Velocidade do WiFi em conexões acima de 150 Mbps (sem 6 GHz) (Mbps)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
(6) Velocidade do WiFi em conexões acima de 150 Mbps (com 6 GHz) (Mbps)	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
(7) Aumento de velocidade devido ao 6 GHz (Mbps)	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
Obs.: (7) = (6) - (5)											

Tab. VII: Brasil: Aumento de velocidade resultante da destinação de 6 GHz

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
(9) Velocidade média sem o 6 GHz (Mbps)	359,11	399,69	426,11	438,49	459,36	473,59	481,48	497,62	509,89	517,86	521,71
(10) Velocidade média com o 6 GHz (Mbps)	413,3	491,81	570,33	648,84	727,57	806,09	884,6	963,12	1041,85	1120,36	1198,88
(11) Diferença	15,09%	23,05%	33,84%	47,97%	58,39%	70,21%	83,73%	93,55%	104,33%	116,35%	129,80%
Obs.1: (11) = ((10)/(9) - 1)x 100%											
Obs.2: (10) = (9) + (4) x (7)											

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Tab. VIII: Brasil: Estimativa do impacto econômico pela redução do congestionamento de WiFi

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
(12) Impacto no PIB pela duplicação de velocidade	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%
(13) Aumento do PIB (%)	0,11%	0,17%	0,25%	0,35%	0,43%	0,51%	0,61%	0,68%	0,76%	0,85%	0,95%
(14) PIB Brasil em bilhões US\$	2.265	2.362	2.477	2.632	2.774	2.924	3.082	3.249	3.425	3.610	3.805
(15) Impacto (bilhões de US\$)	2,495	3,974	6,119	9,218	11,826	14,988	18,84	22,187	26,081	30,658	36,051
Obs.1: (13) = (11) x (12)											
Obs.2: (15) = (13) x (14)											

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Estudo 1



Fig. 1 – Ambiente de testes

Fonte: [Vídeo no YouTube - How fast is your WiFi 6E laptop and phone? – WiFi 6 vs. WiFi 6E Speed Comparison Test | ROG](#)

Test environment

Client: Laptop with Intel AX211, integrated WiFi 6E mobile devices
Firmware version: 3.0.0.4.388.21617
Software: Speedtest*

*Speed testing server operated at same location; results of tests not affected by an internet service provider.

Test topology	
GT-AXE16000 (router) 5GHz bandwidth set to 80MHz	To simulate where dynamic frequency selection interrupts your connection
GT-AXE16000 (router) 5GHz bandwidth set to 160MHz	To simulate a scenario where the 160MHz channels on the 5GHz band are becoming overwhelmed due to the high number of WiFi 6 devices.
GT-AXE16000 (router) 6GHz bandwidth set to 160MHz	To simulate clean band of 6GHz for WiFi 6E devices.

	5GHz/80MHz	5GHz/160MHz	6GHz/160MHz
Laptop	974,28	1.398,95	1.835,56
Smartphone	979	1.592	1.841
Média	976,64	1.495,475	1.838,28

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Estudos 2 e 3



Fig. 3 – Casa em que foram realizados o teste 2.
Fonte: Vídeo no YouTube. *WiFi 6 vs 6E vs 7 Explained: Real-World Speed Testing!*

Tab. II - Resultados do Teste 2. Resultados em Mbps.

Local / Tipo de Roteador	WiFi6 - 5GHz	WiFi6e - 5GHz	WiFi6e - 6GHz	WiFi7 - 5GHz	WiFi 7 - 6GHz
Jardim frontal	17	36	Sem sinal	72	Sem sinal
Acima do roteador	705	1099	1096	1157	1123
Sala de estar (a 3m do roteador)	663	1159	1162	1108	1040
Porão (Sala de Cinema)	620	904	855	1125	1041
Porão - Sofá	569	802	657	242	171
Porão - quarto	439	407	408	90	Sem sinal
Jardim nos Fundos – Sala de Jogos	97	127	Sem sinal	82	Sem sinal

Tab. III - Resultados do Teste 3 em um Laptop de 2021. Resultados em Mbps.

	Roteador antigo (WiFi 6 em 5 GHz)	Roteador novo (WiFi 6e em 5 GHz)
Laptop 2021	705	841

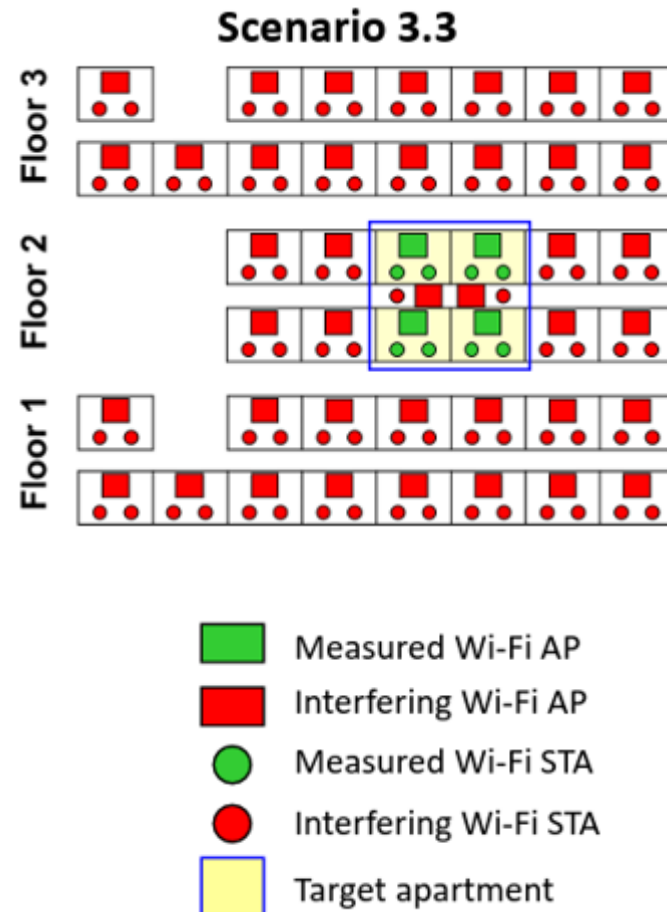
Tab. IV - Resultados do Teste 3 em um Laptop de 2023. Resultados em Mbps.

	Roteador antigo (WiFi 6 em 5 GHz)	Roteador novo (WiFi 6e em 5 GHz)
Laptop 2023	1099	1096

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Estudo 4

Emulando ambiente urbano de alto tráfego: 42 quartos, 44 AP e 86 laptops distribuídos em 3 andares



Insights Chave:

A principal limitação das redes Wi-Fi é a cobertura, que pode ser efetivamente resolvida com a densificação de APs.

A densificação de APs melhora significativamente a capacidade e a cobertura em ambientes de alta interferência.

O uso das faixas de 2,4 GHz, 5 GHz e 6 GHz (primeiros 500 MHz) permite atingir níveis de *throughput* superiores a 1 Gbps.

<https://www.comtelitalia.it/en/innovation-in-indoor-wi-fi-connectivity-eng/>

Aumento na Velocidade Média pela Redução do Congestionamento WiFi

Resultados (em bilhões de dólares)

Com 1.200 MHz para WiFi em 6GHz

	2024	2025	2024 - 2034
DSA 2024	2,495	3,974	182,438
Análise de Sensibilidade 1	0,035	0,186	40,4
Análise de Sensibilidade 2	0,014	0,077	16,6

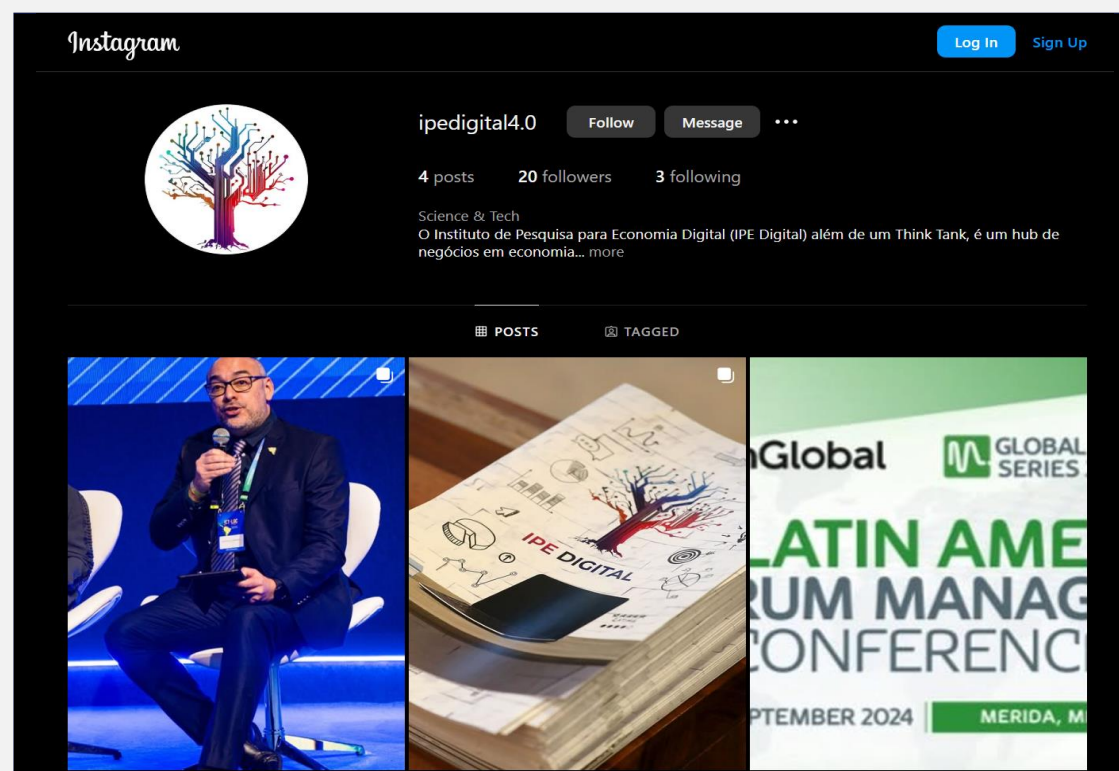
Com 500 MHz para WiFi em 6GHz

	2024	2025	2024 - 2034
DSA 2024	2,495	3,477	95,12
Análise de Sensibilidade 3	0,035	0,186	31,1
Análise de Sensibilidade 4	0,014	0,077	12,78

Mídias Digitais

Se conecte conosco no nosso Website, Linkedin, Youtube e Instagram

Nos siga para mais conteúdos e para participar dessa mudança!



Mídias Digitais

Se conecte conosco no nosso Website, LinkedIn, Youtube e Instagram



Nos siga para mais conteúdos e para participar dessa mudança!