

Tecnologias de acesso por satélite nas escolas brasileiras

Distribuição, desempenho e desigualdades

ceptro.br nic.br

Centro de Estudos e Pesquisa em Tecnologia de Redes
e Operações - Medição

Philipp Kleer

17 de dezembro de 2025



@phil-k



philkleer



benedikt@nic.br



kleer

|

O objetivo desta análise

- ⌚ Estimar a qualidade de conexões via satélites

Contexto da análise

Conectividade nas escolas: iniciativa coordenada pelo CIEB e pelo NIC.br com o **objetivo** de reunir dados por **medidor SIMET** e referenciais técnicos que **subsidiem a formulação de políticas públicas de conectividade na educação**

Contexto da análise

Conectividade nas escolas: iniciativa coordenada pelo CIEB e pelo NIC.br com o **objetivo** de reunir dados por **medidor SIMET** e referenciais técnicos que **subsidiem a formulação de políticas públicas de conectividade na educação**

- **137.847 escolas** conectadas: 63,3% das escolas brasileiras urbanas e 36,7% das escolas brasileiras rurais

Contexto da análise

Conectividade nas escolas: iniciativa coordenada pelo CIEB e pelo NIC.br com o **objetivo** de reunir dados por **medidor SIMET** e referenciais técnicos que **subsidiem a formulação de políticas públicas de conectividade na educação**

- **137.847 escolas** conectadas: 63,3% das escolas brasileiras urbanas e 36,7% das escolas brasileiras rurais

A conectividade escolar é essencial para diferentes **atividades pedagógicas**, incluindo:

- acesso a **plataformas educacionais online** e **streaming de vídeo educacional** e materiais multimídia
- **aulas ao vivo, videoconferências, download de recursos pedagógicos**
- **ferramentas colaborativas** e aplicações interativas em tempo real
- uso simultâneo da rede por **múltiplas turmas** (equidade de acesso)

Contexto da análise

Conectividade nas escolas: iniciativa coordenada pelo CIEB e pelo NIC.br com o **objetivo** de reunir dados por **medidor SIMET** e referenciais técnicos que **subsidiem a formulação de políticas públicas de conectividade na educação**

- **137.847 escolas** conectadas: 63,3% das escolas brasileiras urbanas e 36,7% das escolas brasileiras rurais

A conectividade escolar é essencial para diferentes **atividades pedagógicas**, incluindo:

- acesso a **plataformas educacionais online** e **streaming de vídeo educacional** e materiais multimídia
 - **aulas ao vivo, videoconferências, download de recursos pedagógicos**
 - **ferramentas colaborativas** e aplicações interativas em tempo real
 - uso simultâneo da rede por **múltiplas turmas** (equidade de acesso)
- » foco da análise na \downarrow **velocidade de download** e \bullet **latência** (bidirecional)

O que esta análise pode contar

O que esta análise pode contar

- compreender melhor a conectividade das escolas, especialmente nas escolas conectadas por satélite
- diagnóstico de desempenho (velocidade/latência)
- mapeamento das desigualdades entre regiões

O que esta análise pode contar

- compreender melhor a conectividade das escolas, especialmente nas escolas conectadas por satélite
- diagnóstico de desempenho (velocidade/latência)
- mapeamento das desigualdades entre regiões
- atividades impõem **requisitos técnicos mínimos** à conexão das escolas:
 -  **Velocidade de download:** regra do MEC para conexões via satélite ao mínimo **20 Mbps** ([«Decreto»](#), 2023; [«Resolução CENEC»](#), 2024)
 -  **Latência (RTT):** interatividade e fluidez → $\leq 150 \text{ ms}$

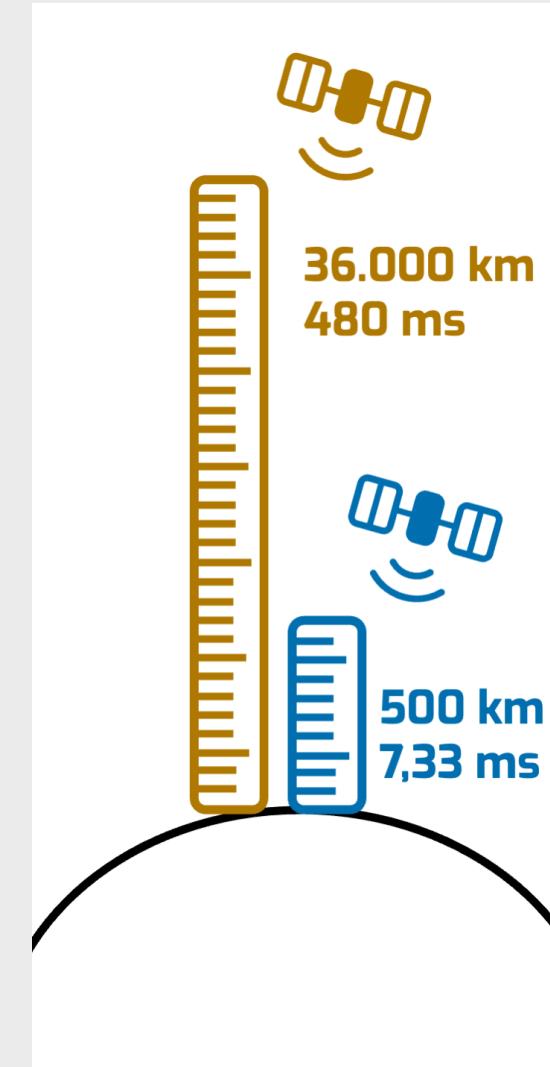
Dados da análise



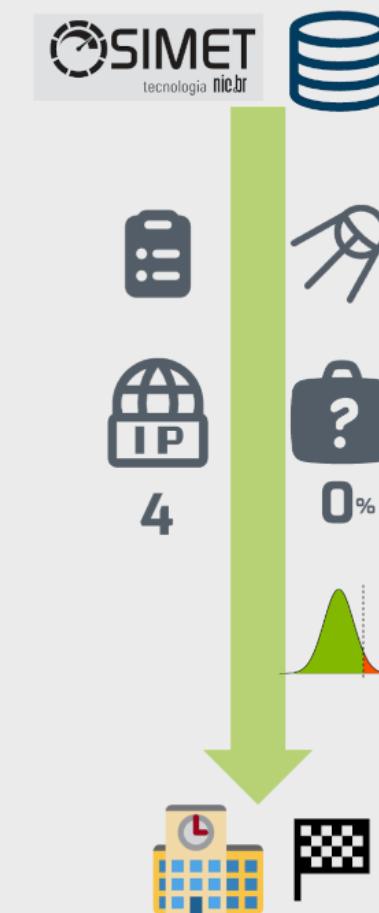
Qual é a base da análise.

Conexões diferentes

- ❖ múltiplas tecnologias de conexão no Brasil:
fibra, DSL, rádio, cabo, FWA ou **satélite**
- ❑ as conexões via satélite são as **com mais dúvidas** em relação da qualidade de conexão
- ❖ dois tipos de satélite: **órbita alta (GEO)** e **órbita baixa (LEO)**
- ↑ diferença das conexão via satélite: altura e com isso a distância à superfície (influencia a latência)



Como obter os dados



Como obter os dados

- 1 dados do **medidor SIMET** em sua versão adaptada para o projeto da educação ([conectividade na educação](#)) nos últimos 6 meses (03/06/2025 até 02/12/2025)



Como obter os dados

1 dados do **medidor SIMET** em sua versão adaptada para o projeto da educação ([conectividade na educação](#)) nos últimos 6 meses (03/06/2025 até 02/12/2025)

2 identificação de conexão: a) lista de conexões satélite pelo MEC e b) autodeclaração das escolas



Como obter os dados

1 dados do **medidor SIMET** em sua versão adaptada para o projeto da educação ([conectividade na educação](#)) nos últimos 6 meses (03/06/2025 até 02/12/2025)

2 identificação de conexão: a) lista de conexões satélite pelo MEC e b) autodeclaração das escolas

3 filtro de conexões **IPv4**, **perda** de pacotes com **0%** e **valores válidos nas medições** de qualidade (velocidade, latência, jitter)



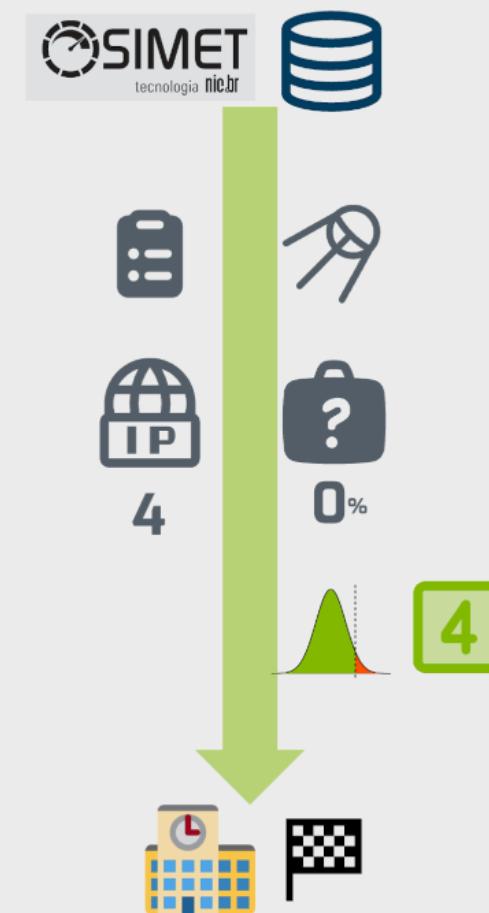
Como obter os dados

1 dados do **medidor SIMET** em sua versão adaptada para o projeto da educação ([conectividade na educação](#)) nos últimos 6 meses (03/06/2025 até 02/12/2025)

2 identificação de conexão: a) lista de conexões satélite pelo MEC e b) autodeclaração das escolas

3 filtro de conexões **IPv4**, **perda de pacotes com 0%** e **valores válidos nas medições** de qualidade (velocidade, latência, jitter)

4 evitar medições extremas e foi tirado 5% das medições altas da cada escola (cf. [Millan et al., 2025](#))



Como obter os dados

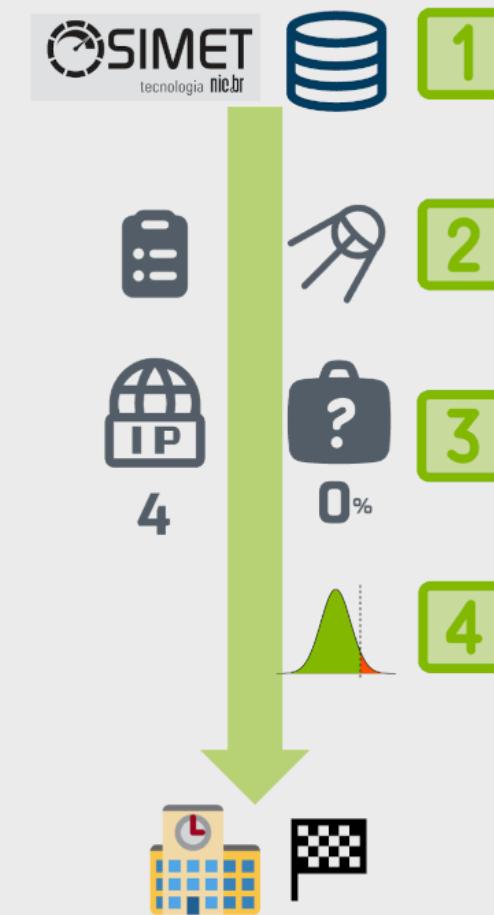
1 dados do **medidor SIMET** em sua versão adaptada para o projeto da educação ([conectividade na educação](#)) nos últimos 6 meses (03/06/2025 até 02/12/2025)

2 identificação de conexão: a) lista de conexões satélite pelo MEC e b) autodeclaração das escolas

3 filtro de conexões **IPv4**, perda de pacotes com **0%** e **valores válidos nas medições** de qualidade (velocidade, latência, jitter)

4 evitar medições extremas e foi tirado 5% das medições altas da cada escola (cf. [Millan et al., 2025](#))

☒ **1.466** escolas nas cinco regiões do Brasil com 126 medições por escola na média (min: 10, max: 4.149)



Como obter os dados

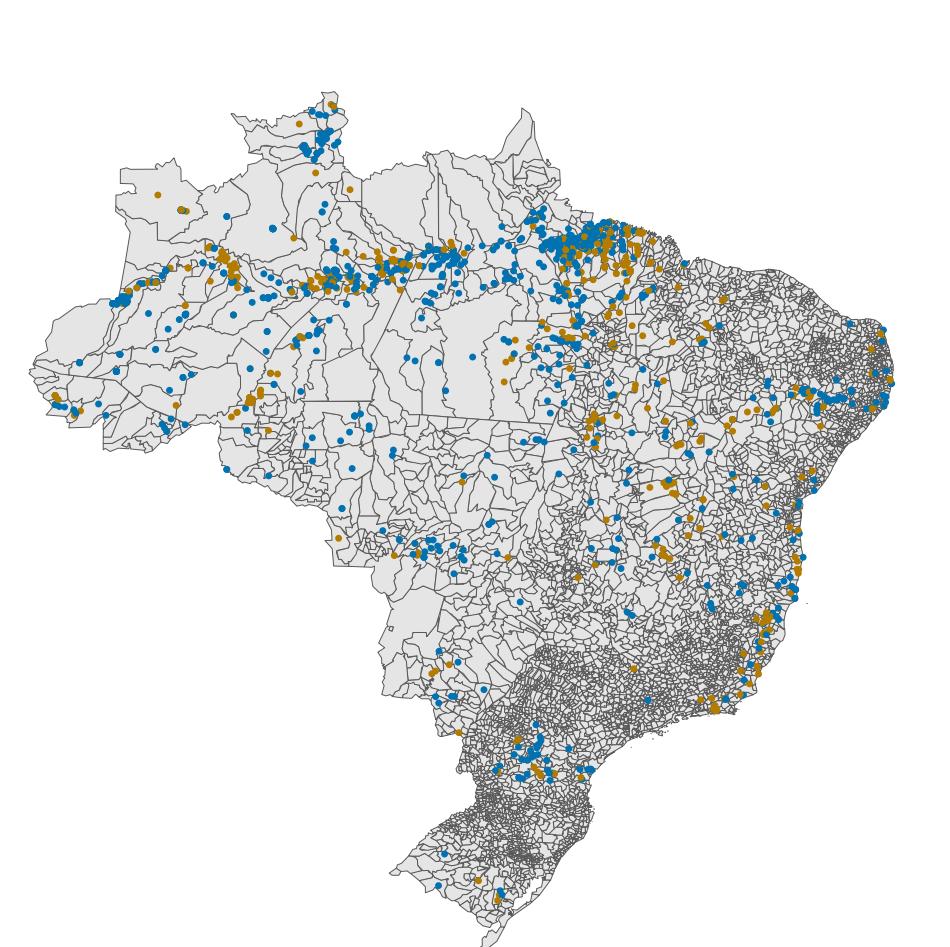
1 dados do **medidor SIMET** em sua versão adaptada para o projeto da educação ([conectividade na educação](#)) nos últimos 6 meses (03/06/2025 até 02/12/2025)

2 identificação de conexão: a) lista de conexões satélite pelo MEC e b) autodeclaração das escolas

3 filtro de conexões **IPv4**, perda de pacotes com **0%** e **valores válidos nas medições** de qualidade (velocidade, latência, jitter)

4 evitar medições extremas e foi tirado 5% das medições altas da cada escola (cf. [Millan et al., 2025](#))

☒ **1.466** escolas nas cinco regiões do Brasil com 126 medições por escola na média (min: 10, max: 4.149)

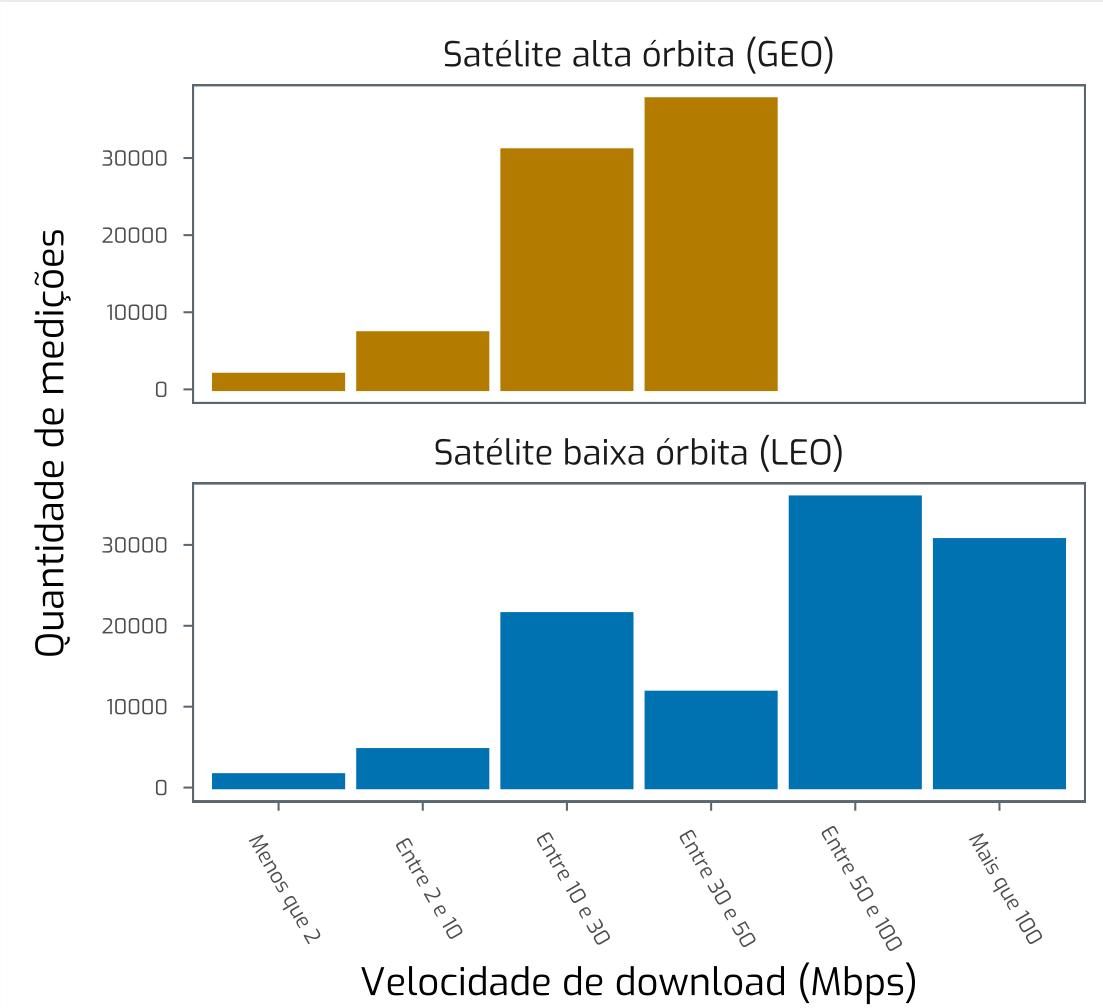


Análise

 Exploração do desempenho.

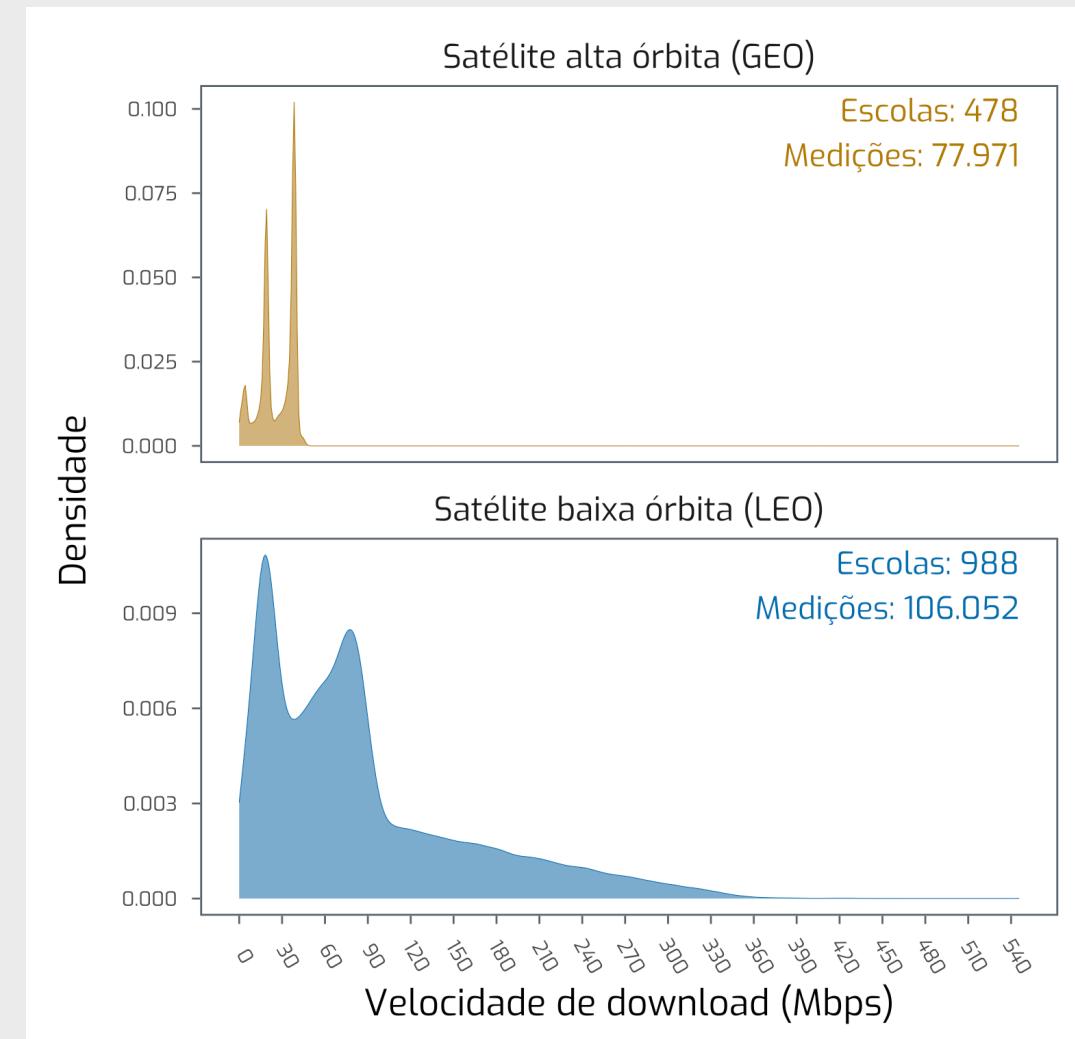
⬇️ Velocidade de download

- GEO (alta órbita) mais lento do que LEO (baixa órbita)



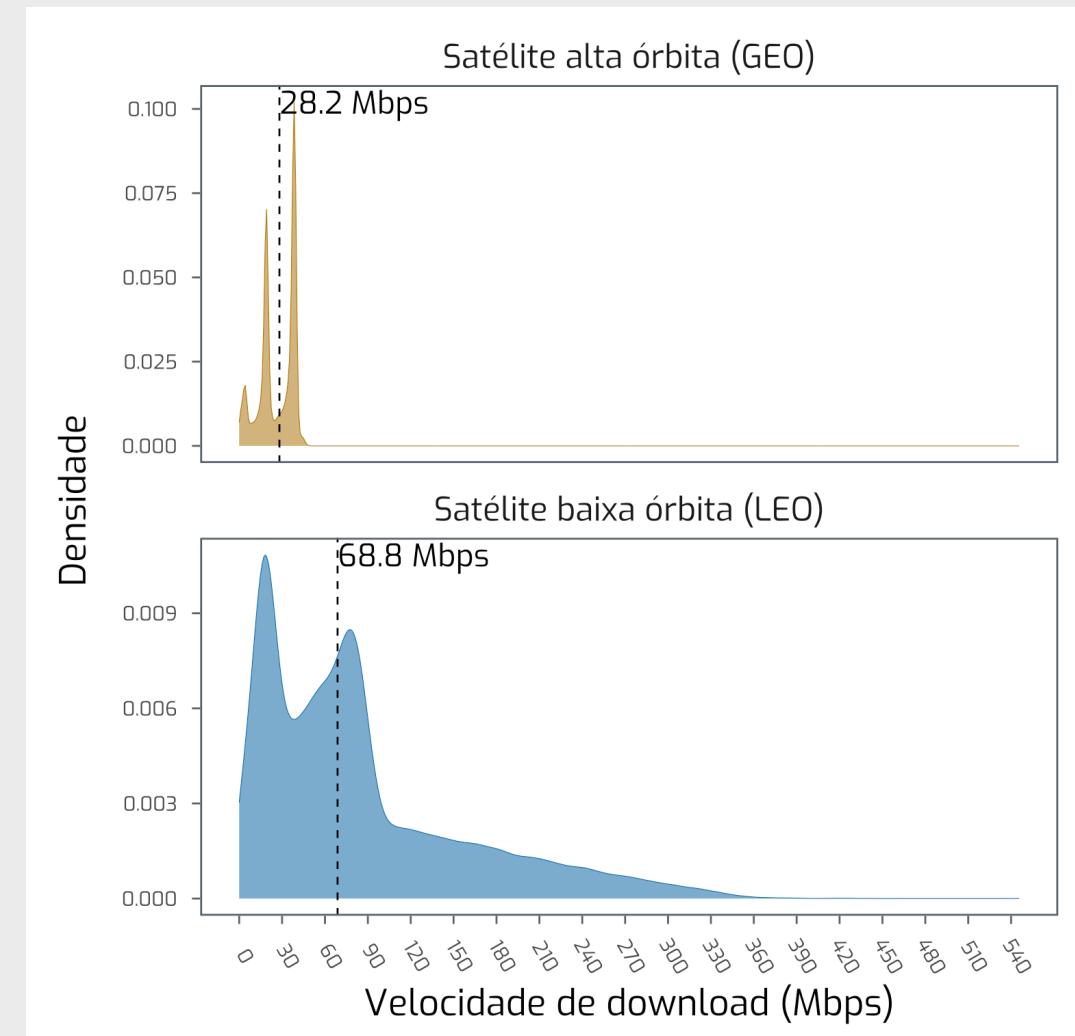
⬇️ Velocidade de download

- GEO (alta órbita) mais lento do que LEO (baixa órbita)
- conexões via satélite GEO são muito mais homogêneas, enquanto as conexões LEO são muito mais heterogêneas



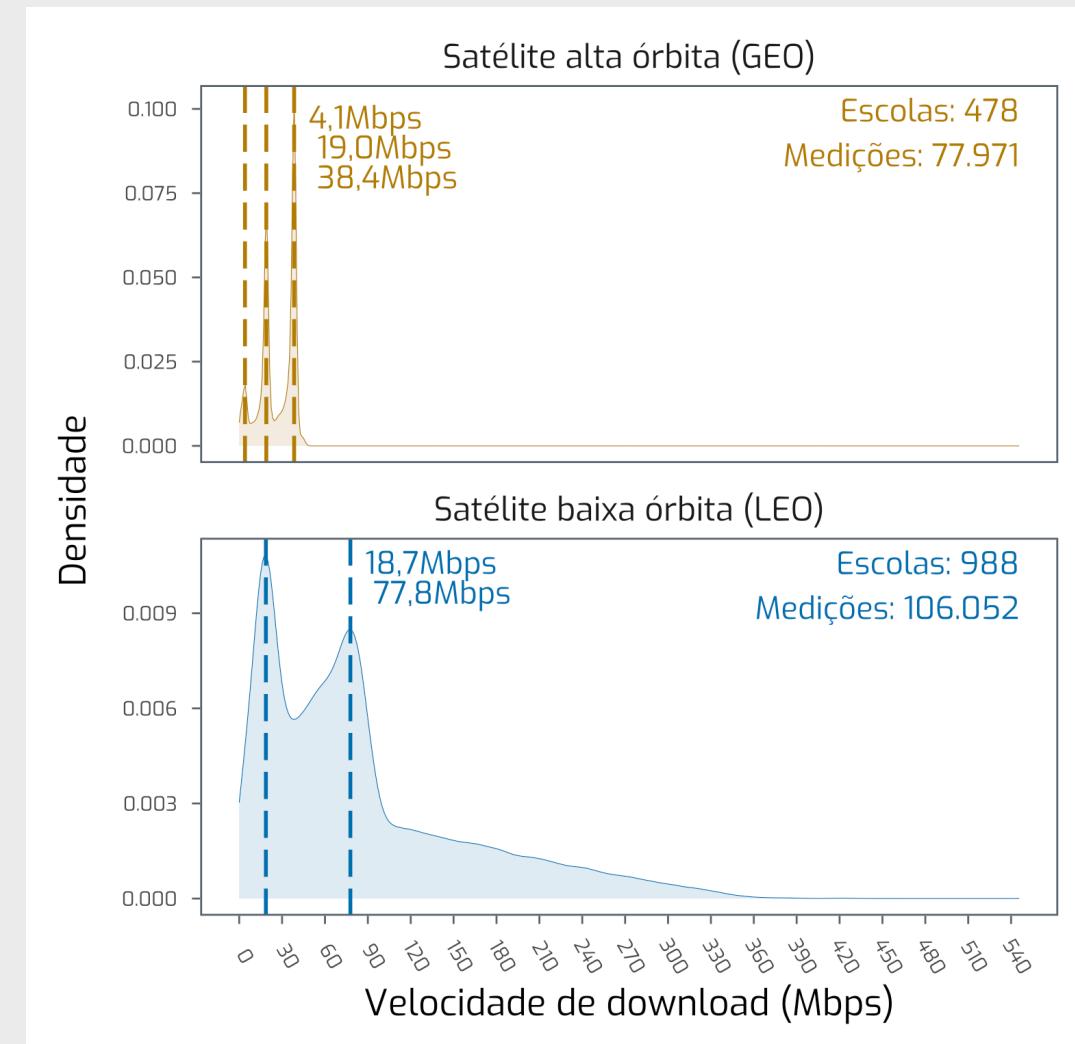
⬇️ Velocidade de download

- GEO (alta órbita) mais lento do que LEO (baixa órbita)
- conexões via satélite GEO são muito mais homogêneas, enquanto as conexões LEO são muito mais heterogêneas
- a mediana da velocidade de LEO é 2,5 vezes mais alta do que de GEO



⬇️ Velocidade de download

- GEO (alta órbita) mais lento do que LEO (baixa órbita)
- conexões via satélite GEO são muito mais homogêneas, enquanto as conexões LEO são muito mais heterogêneas
- a mediana da velocidade de LEO é 2,5 vezes mais alta do que de GEO
- há picos diferentes em cada tecnologia:
 - GEO: 4,1 Mbps, 19,0 Mbps, 38,4 Mbps
 - LEO: 18,7 Mbps, 77,8 Mbps



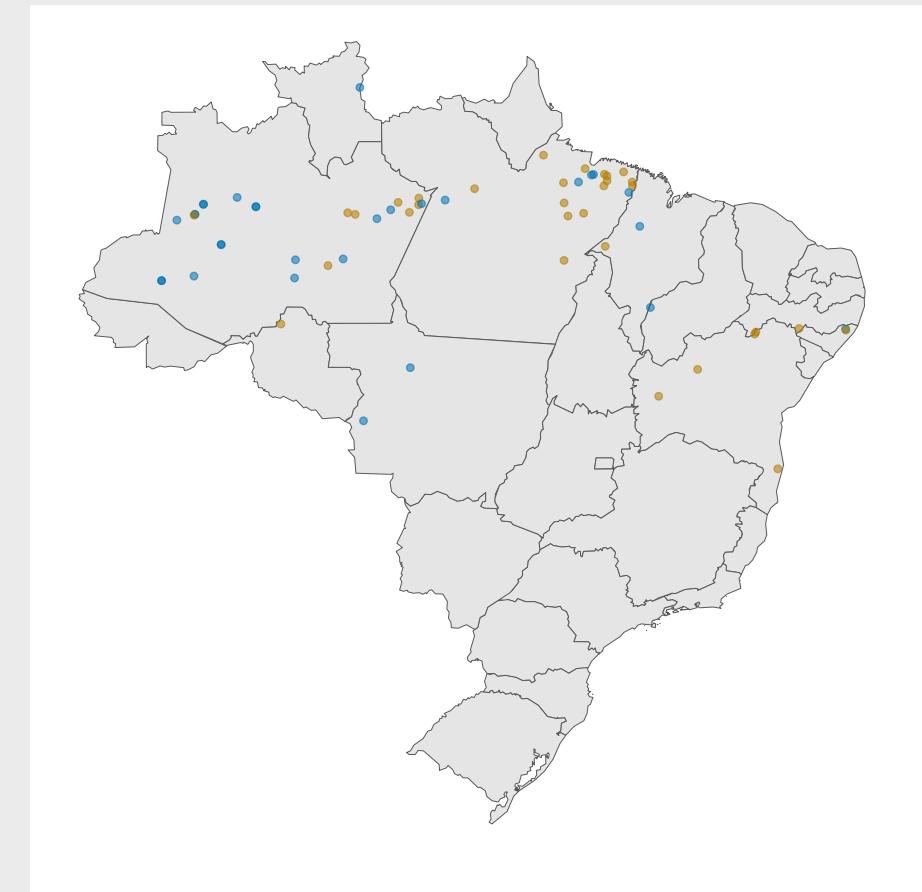
Baixa velocidade ↓

Conexões via GEO e LEO das escolas com todas medições < 20 Mbps

Região	Conexão	Escolas	% das escolas
Norte	LEO (baixa órbita)	25	40,32%
Norte	GEO (alta órbita)	24	38,71%
Nordeste	GEO (alta órbita)	8	12,90%
Nordeste	LEO (baixa órbita)	3	4,84%
Centro-Oeste	LEO (baixa órbita)	2	3,23%

1–5 of 5 rows

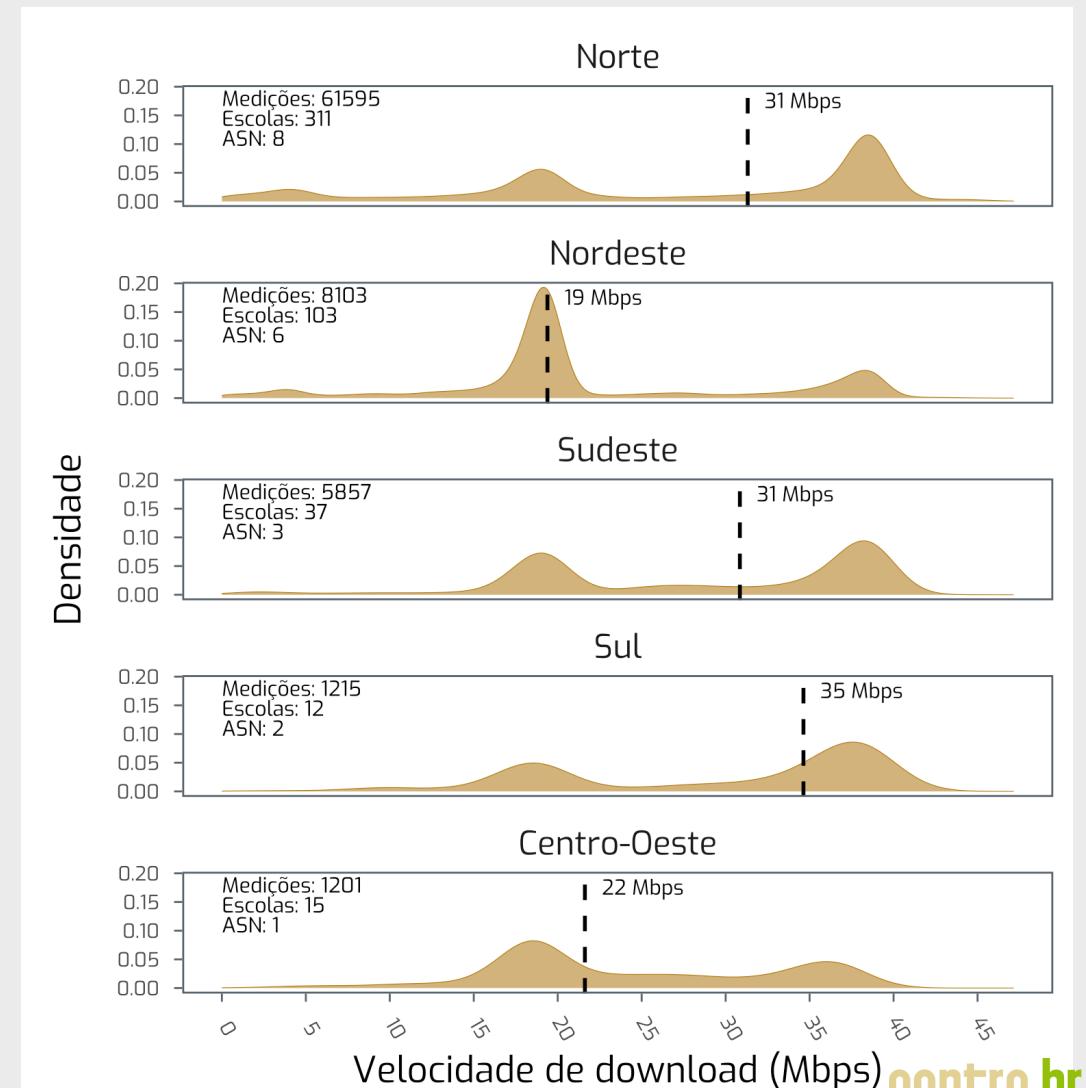
Previous 1 Next



Visão regional de download ↓

Conexão GEO (alta órbita):

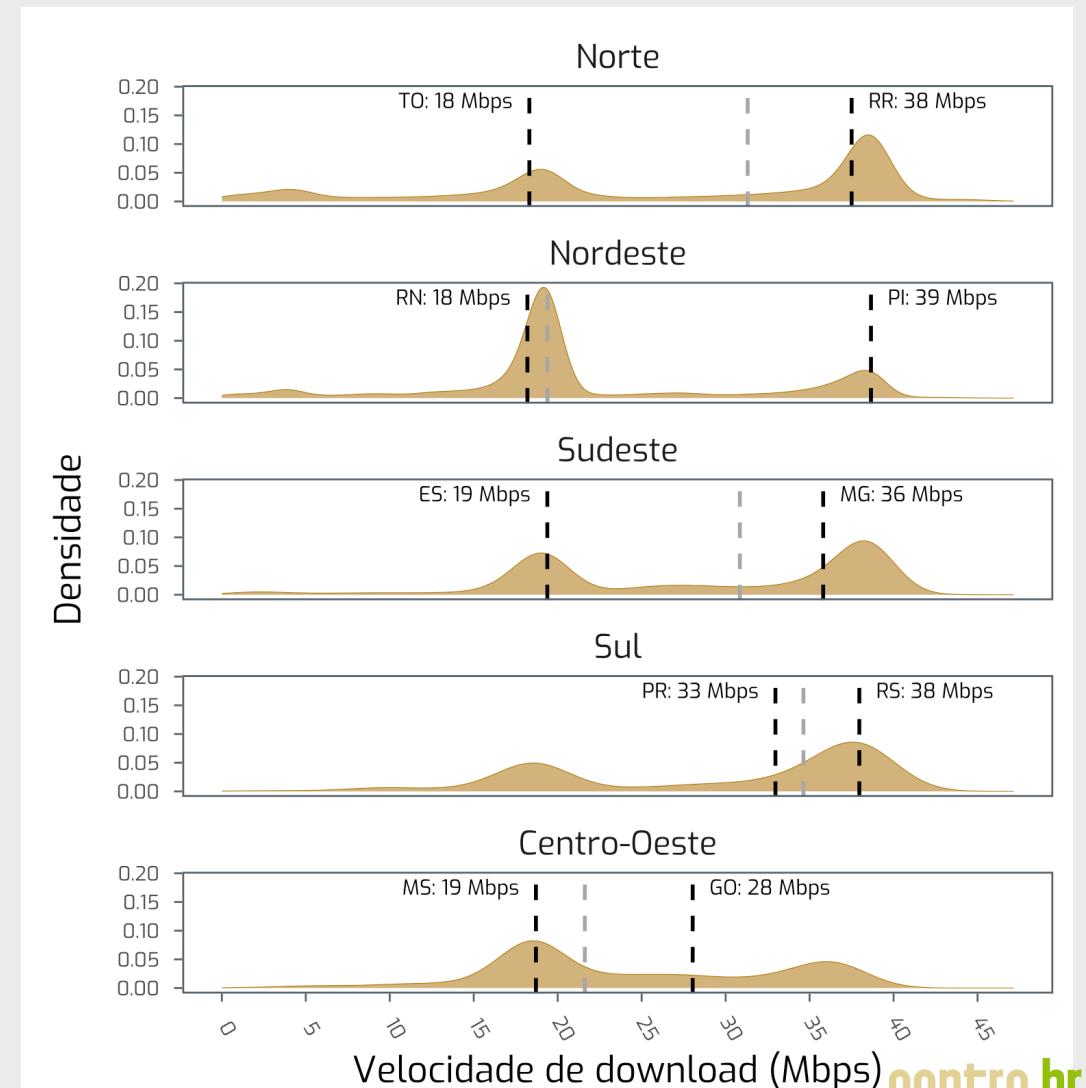
- Diferenças entre as regiões



Visão regional de download

Conexão GEO (alta órbita):

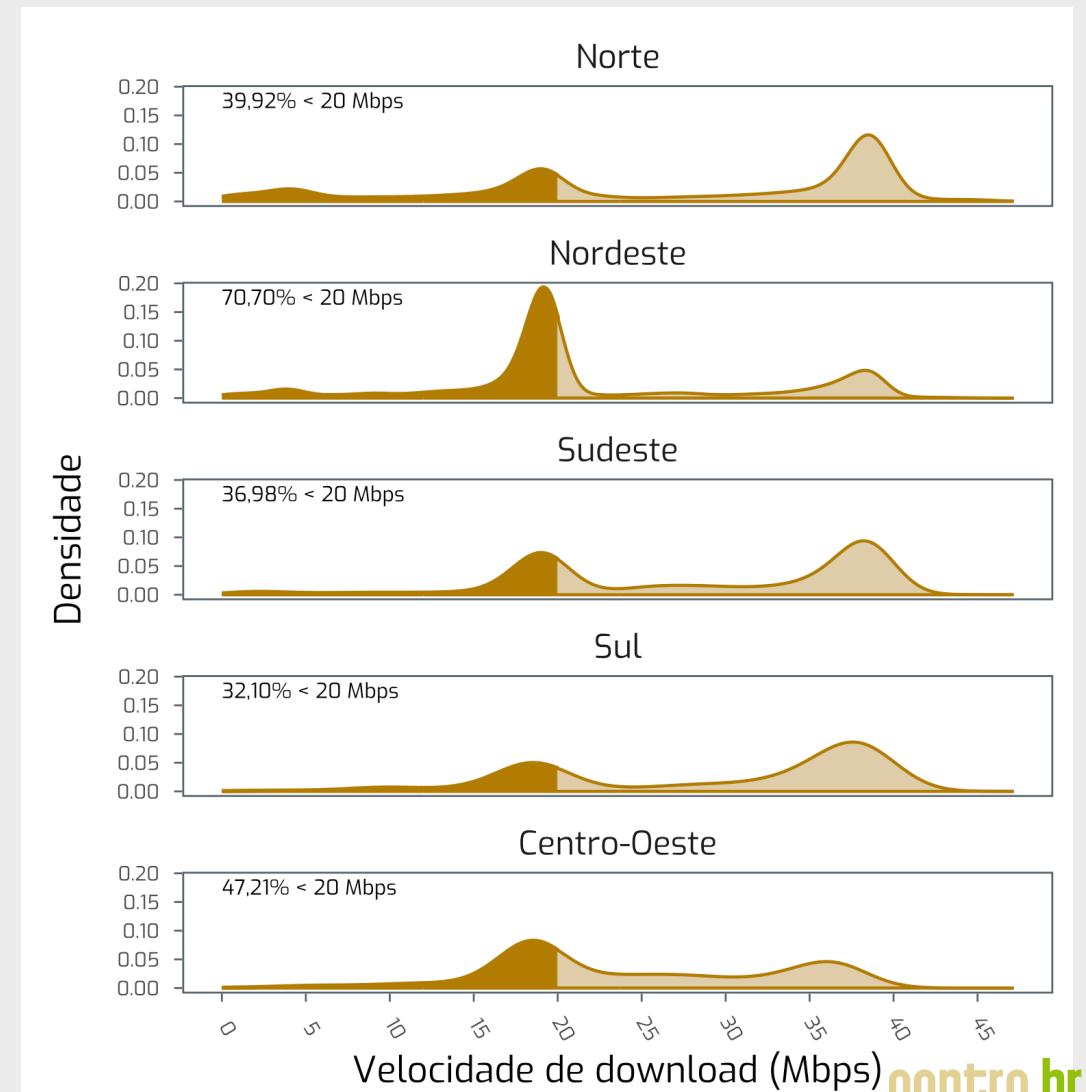
- Diferenças entre as regiões



Visão regional de download ↓

Conexão GEO (alta órbita):

- ◻ diferenças entre as regiões
- % menor do que 20 Mbps é mais alta no **Nordeste**



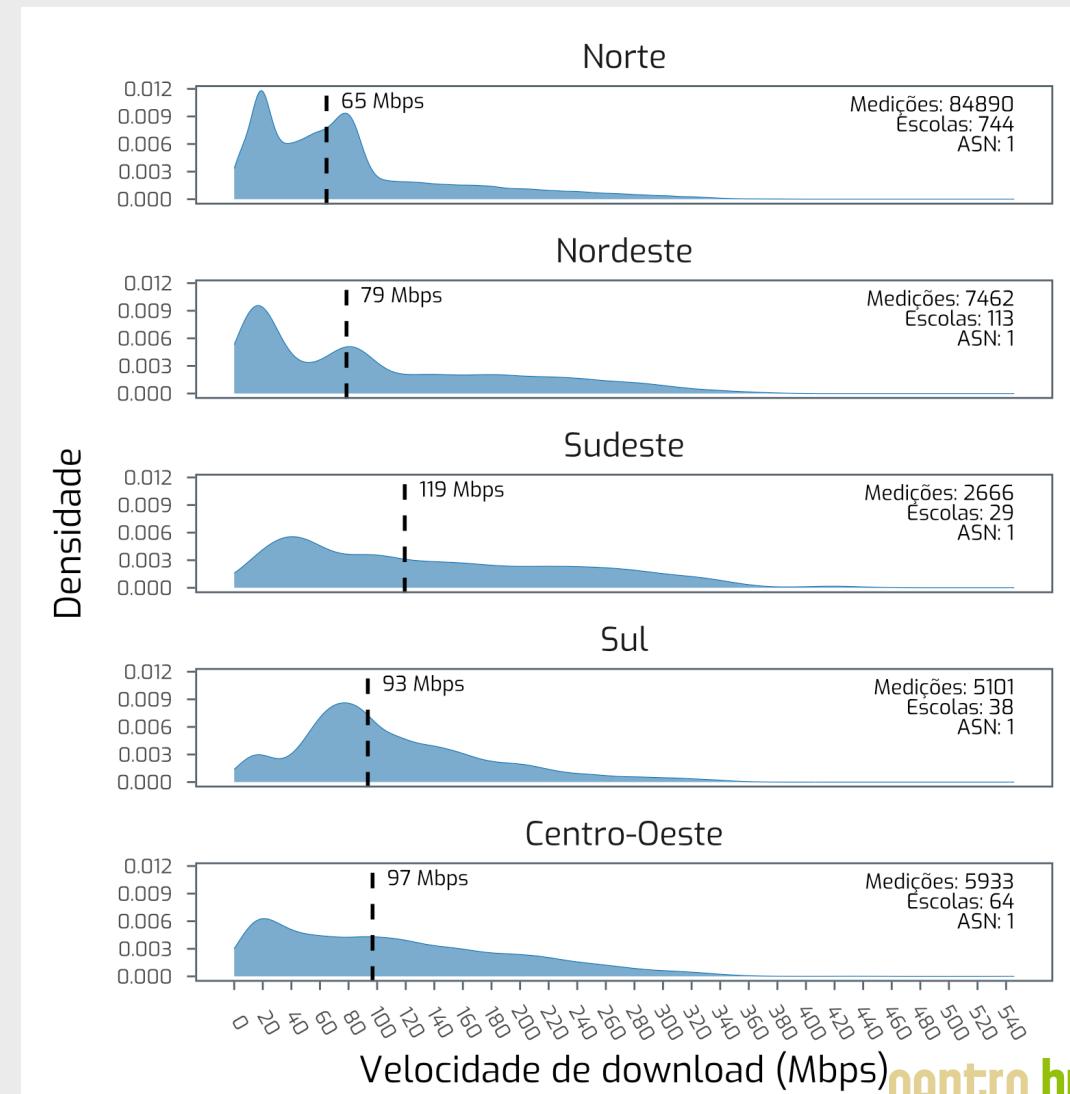
Visão regional de download ↓

Conexão GEO (alta órbita):

- ◻ diferenças entre as regiões
- % menor do que 20 Mbps é mais alta no **Nordeste**

Conexão LEO (baixa órbita):

- ◻ entre as regiões, mas a mediana fica mais alta do que para GEO



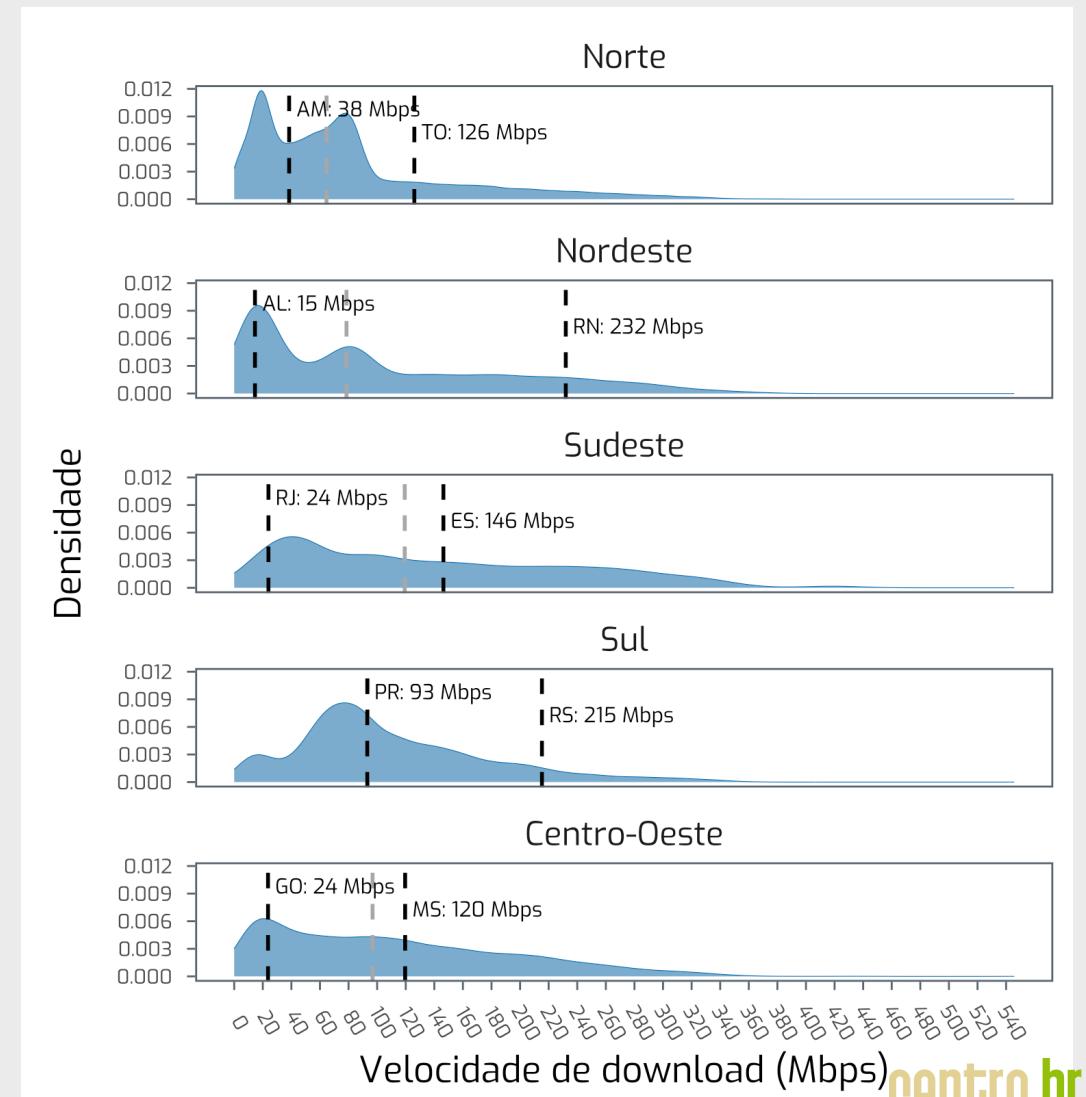
Visão regional de download ↓

Conexão GEO (alta órbita):

- ◻ diferenças entre as regiões
- % menor do que 20 Mbps é mais alta no **Nordeste**

Conexão LEO (baixa órbita):

- ◻ entre as regiões, mas a mediana fica mais alta do que para GEO



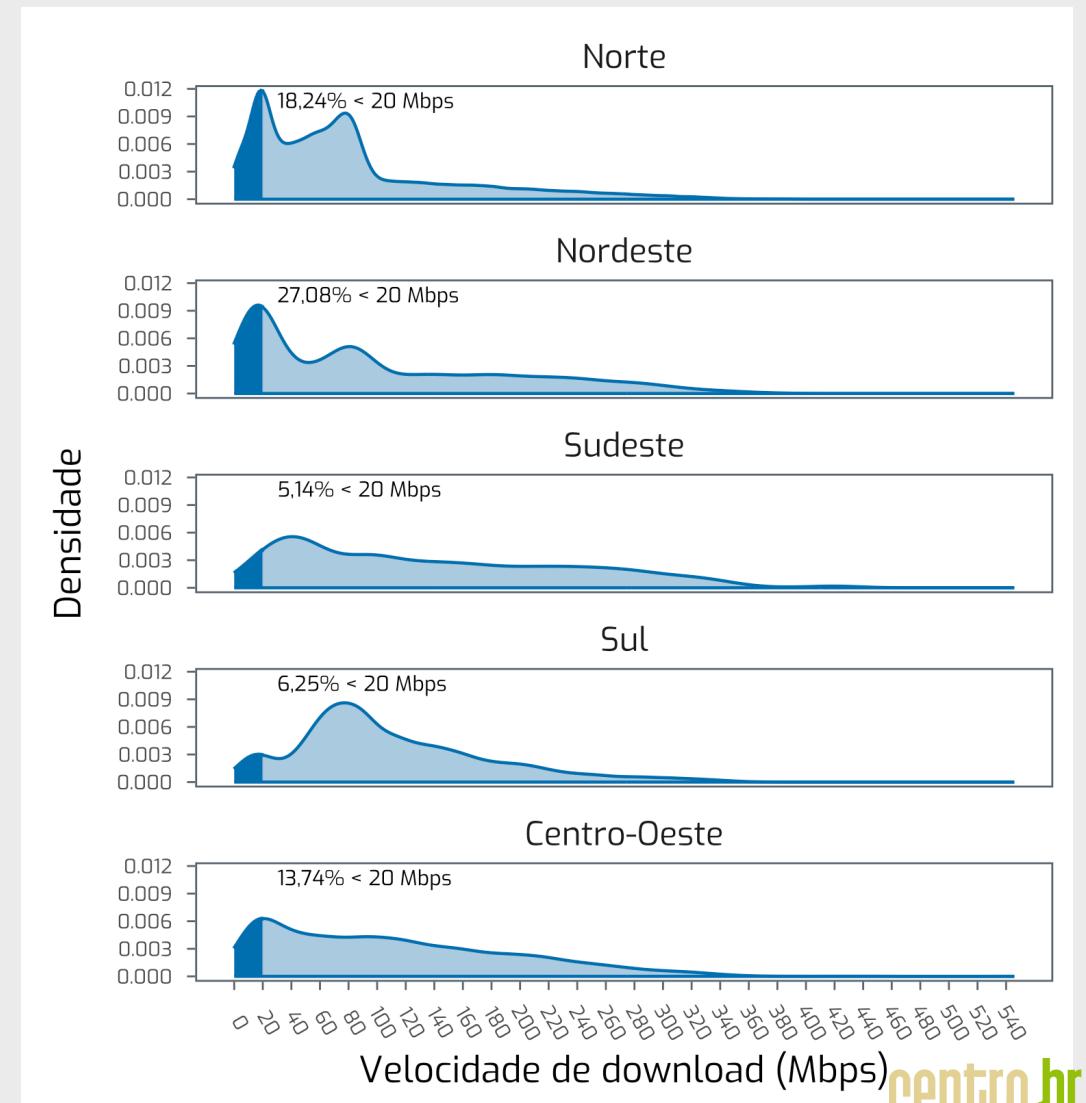
Visão regional de download

Conexão GEO (alta órbita):

- ◻ diferenças entre as regiões
- % menor do que 20 Mbps é mais alta no **Nordeste**

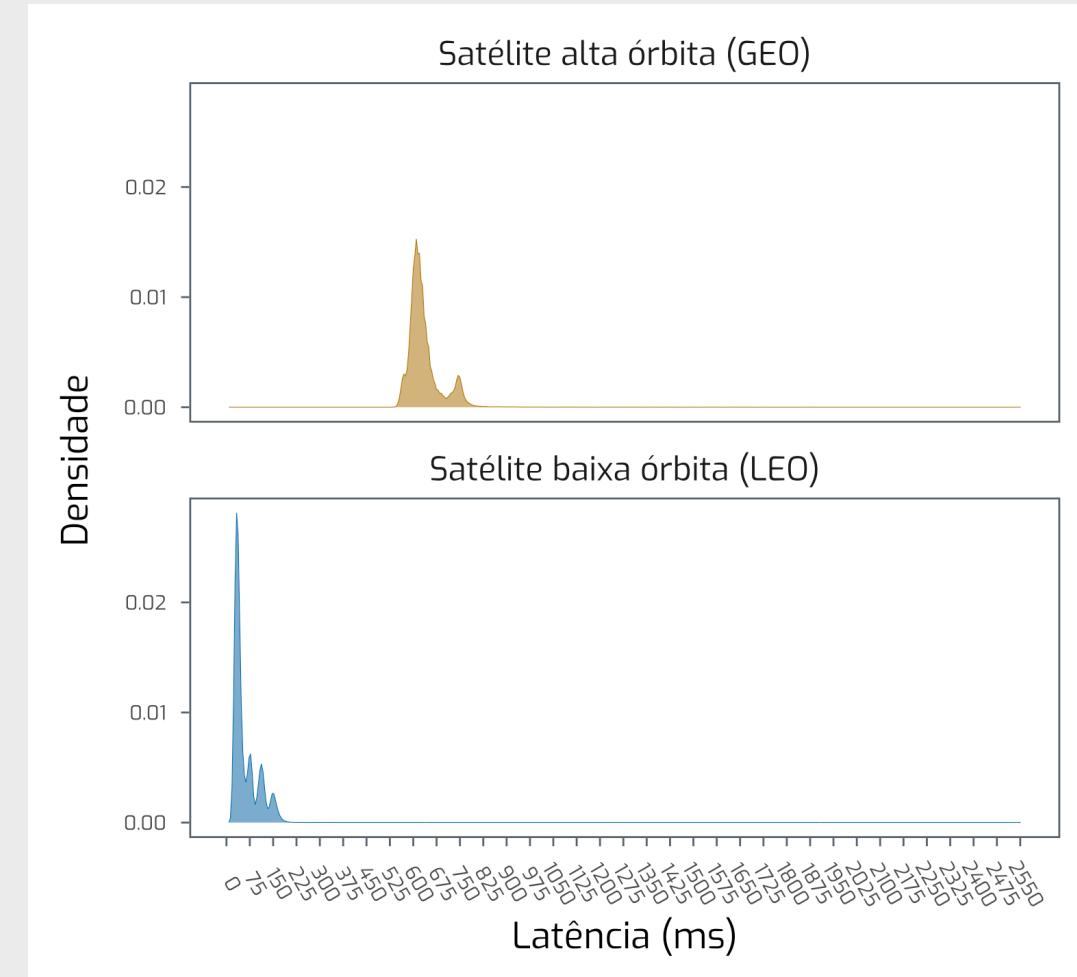
Conexão LEO (baixa órbita):

- ◻ entre as regiões, mas a mediana fica mais alta do que para GEO
- % menor do que 20 Mbps é mais alta no **Nordeste** e **Centro-Oeste** e também no **Norte**



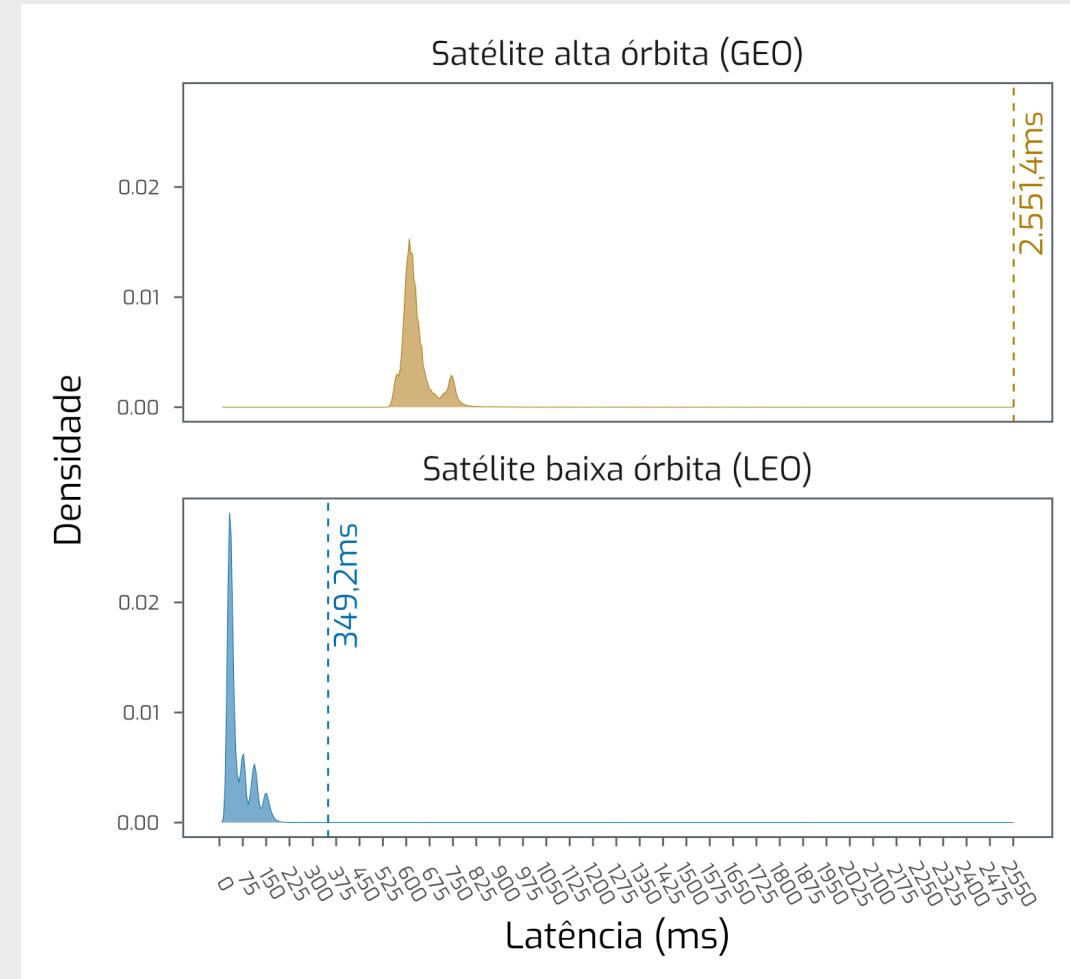
⌚ Latência (RTT)

- ⌚ diferença de latência visível devido à física da conexão



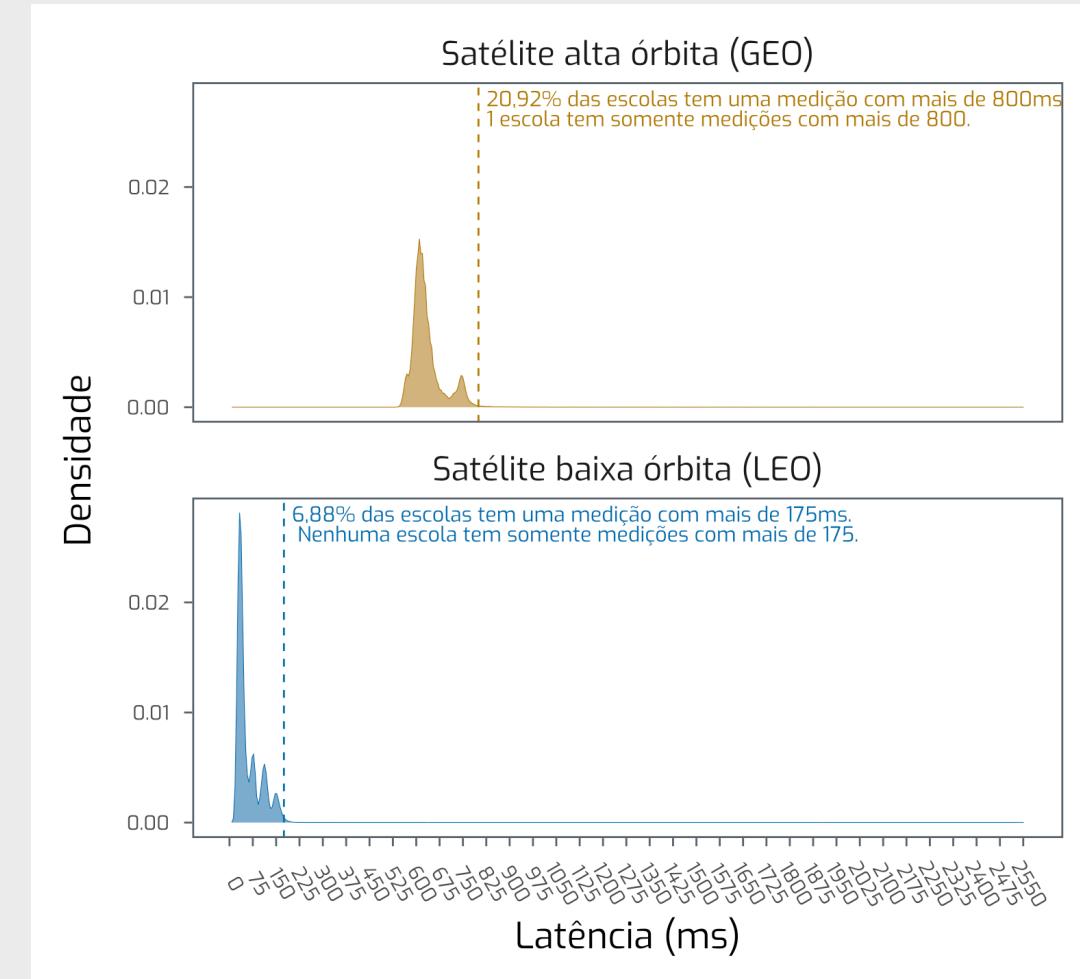
⌚ Latência (RTT)

- ⌚ diferença de latência visível devido à física da conexão
- **mas** existem medições com alta latência



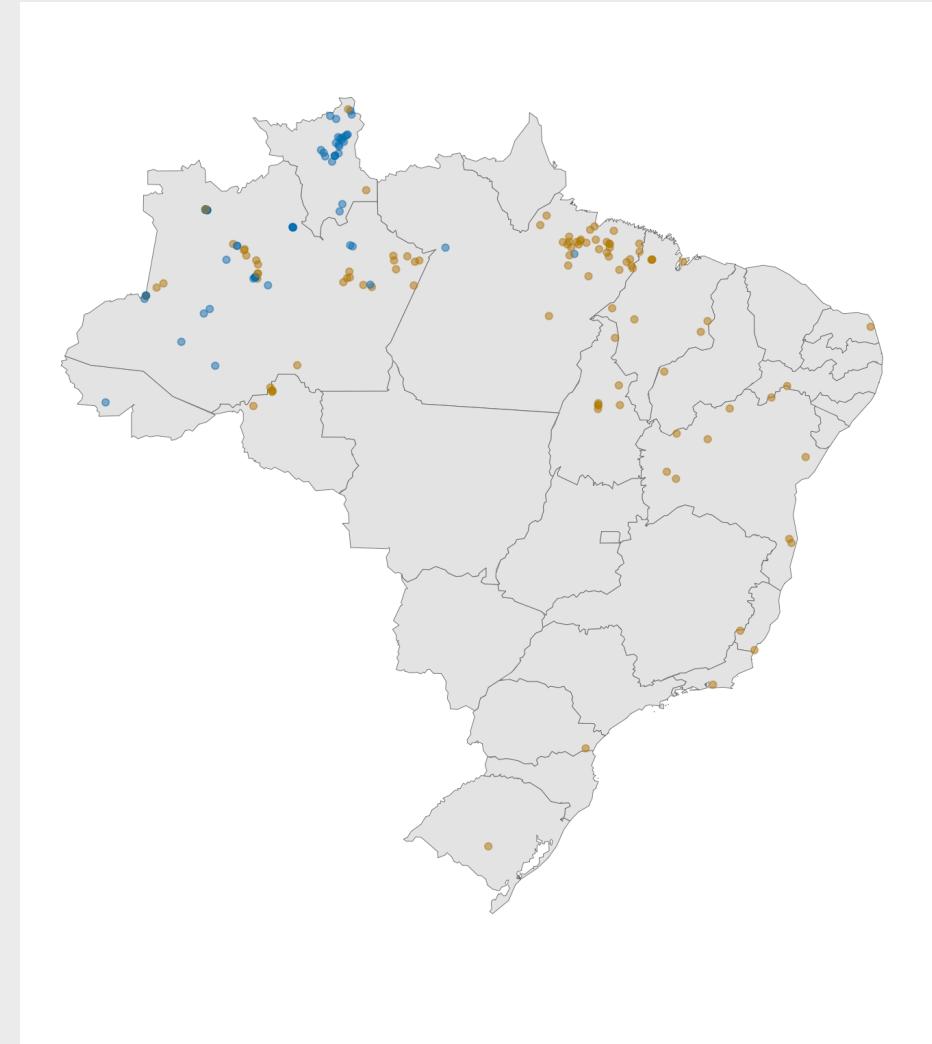
⌚ Latência (RTT)

- ⌚ diferença de latência visível devido à física da conexão
- **mas** existem medições com alta latência



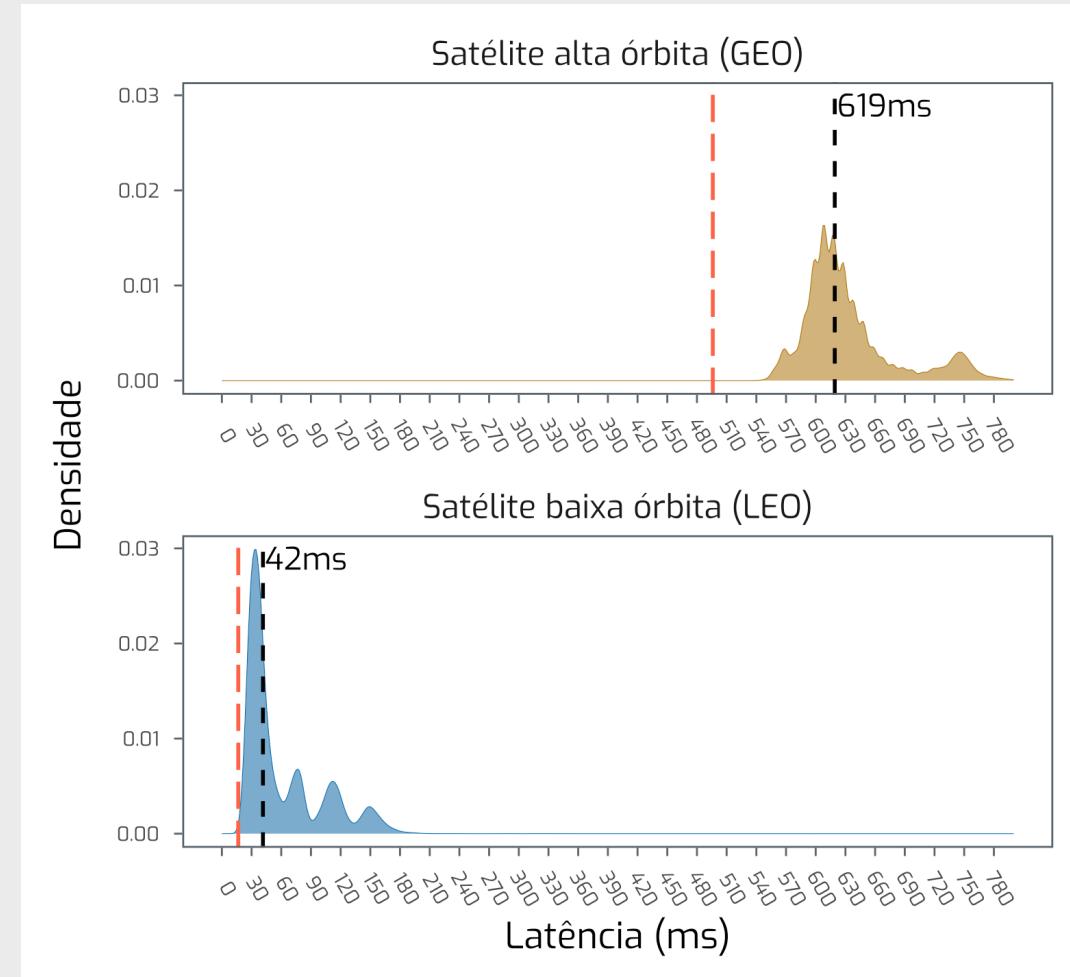
⌚ Latência (RTT)

- ⌚ diferença de latência visível devido à física da conexão
- mas existem medições com alta latência
- a maioria das **conexões com valores extremos** são nas regiões **Norte** e **Nordeste**



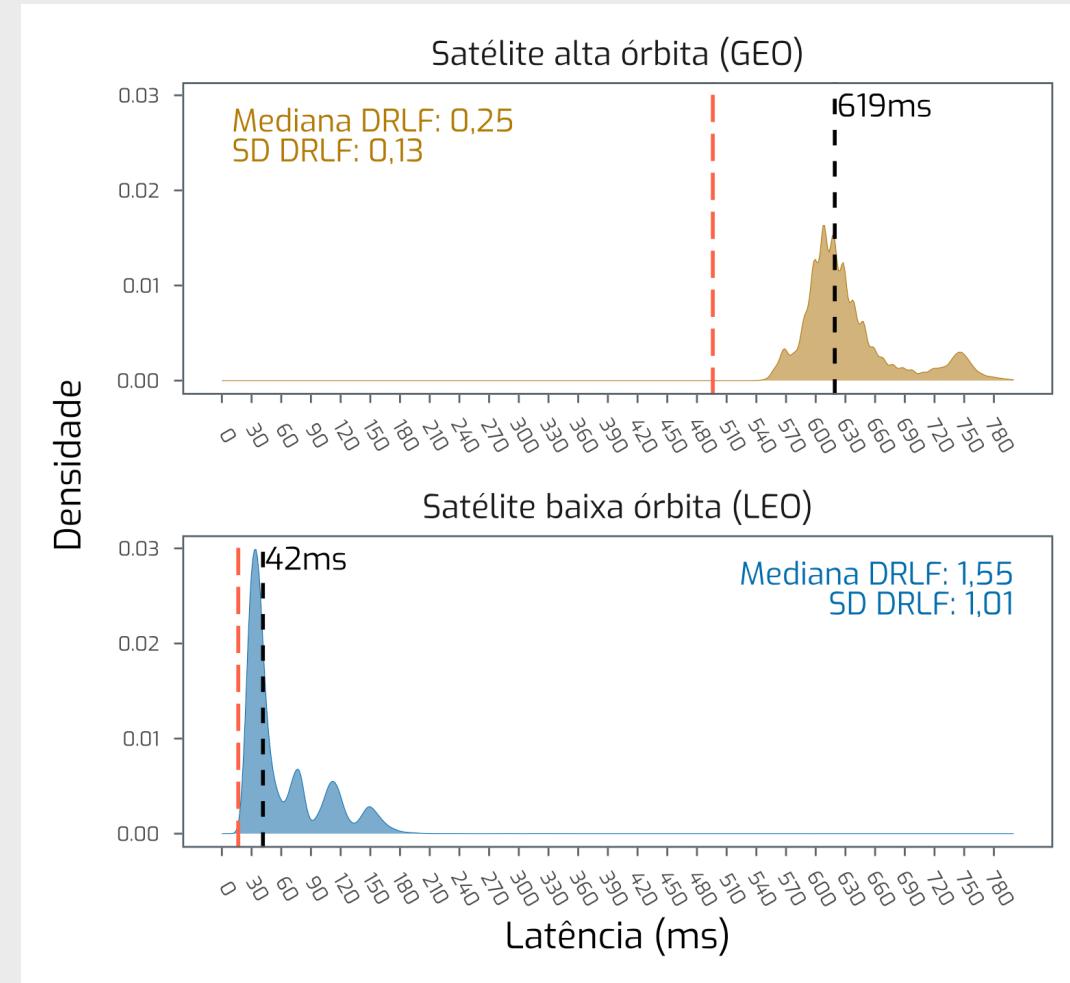
⌚ Latência (RTT)

- diferença de latência visível devido à física da conexão
- mas existem medições com alta latência
- a maioria das **conexões com valores extremos** são nas regiões **Norte e Nordeste**
- **latência teórica**: distância para satélite + distância para servidor de medição



⌚ Latência (RTT)

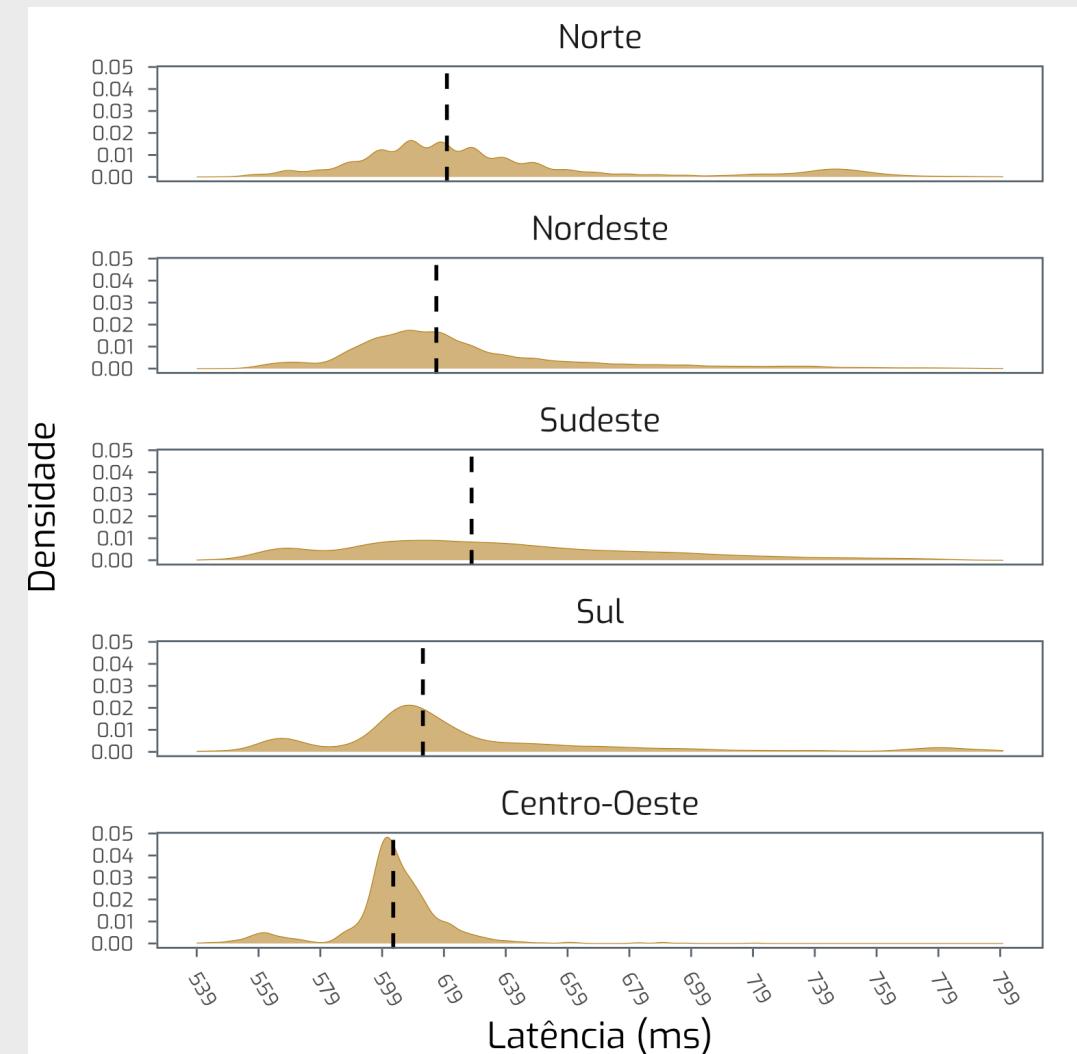
- diferença de latência visível devido à física da conexão
- mas existem medições com alta latência
- a maioria das **conexões com valores extremos** são nas regiões **Norte** e **Nordeste**
- **latência teórica**: distância para satélite + distância para servidor de medição
- **Divergência Relativa da Limite Físico (DRLF)**: Quantas vezes o mínimo físico é adicionado como sobrecarga?
- **Divergência Relativa da Limite Físico (DRLF)**:
$$\text{DRLF} = \frac{\text{lat\^encia}_{\text{medida}} - \text{lat\^encia}_{\text{te\'orica}}}{\text{lat\^encia}_{\text{te\'orica}}}$$



Visão regional de latência (RTT) ⏱

Conexões GEO (alta órbita)

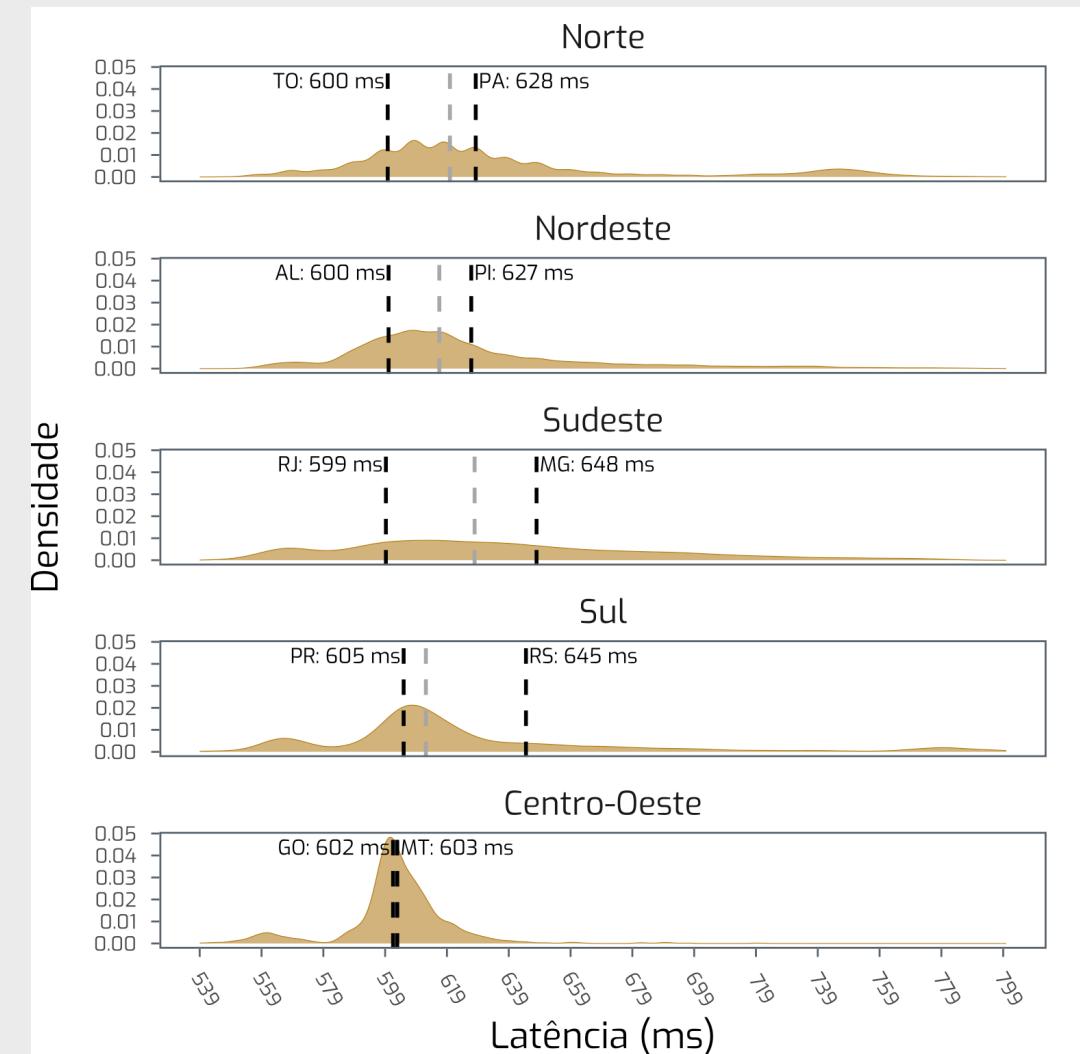
- no **Norte, Nordeste e Sudeste** a distribuição da latência é mais larga
- a frequência de alta latência ocorreu em todas regiões exceto no Centro-Oeste



Visão regional de latência (RTT) ⏱

Conexões GEO (alta órbita)

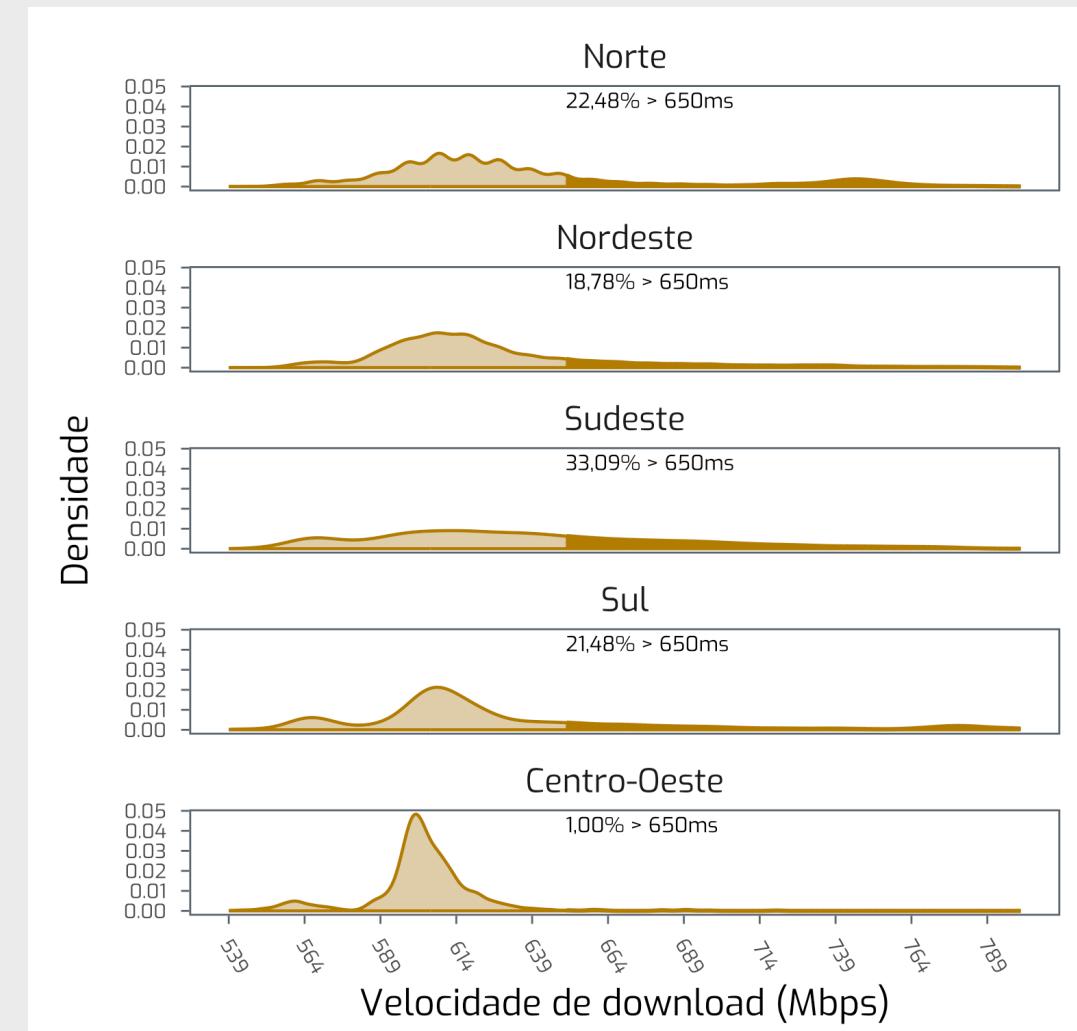
- no **Norte, Nordeste e Sudeste** a distribuição da latência é mais larga
- a frequência de alta latência ocorreu em todas regiões exceto no Centro-Oeste
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região



Visão regional de latência (RTT) ⏱

Conexões GEO (alta órbita)

- no **Norte, Nordeste e Sudeste** a distribuição da latência é mais larga
- a frequência de alta latência ocorreu em todas regiões exceto no Centro-Oeste
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região



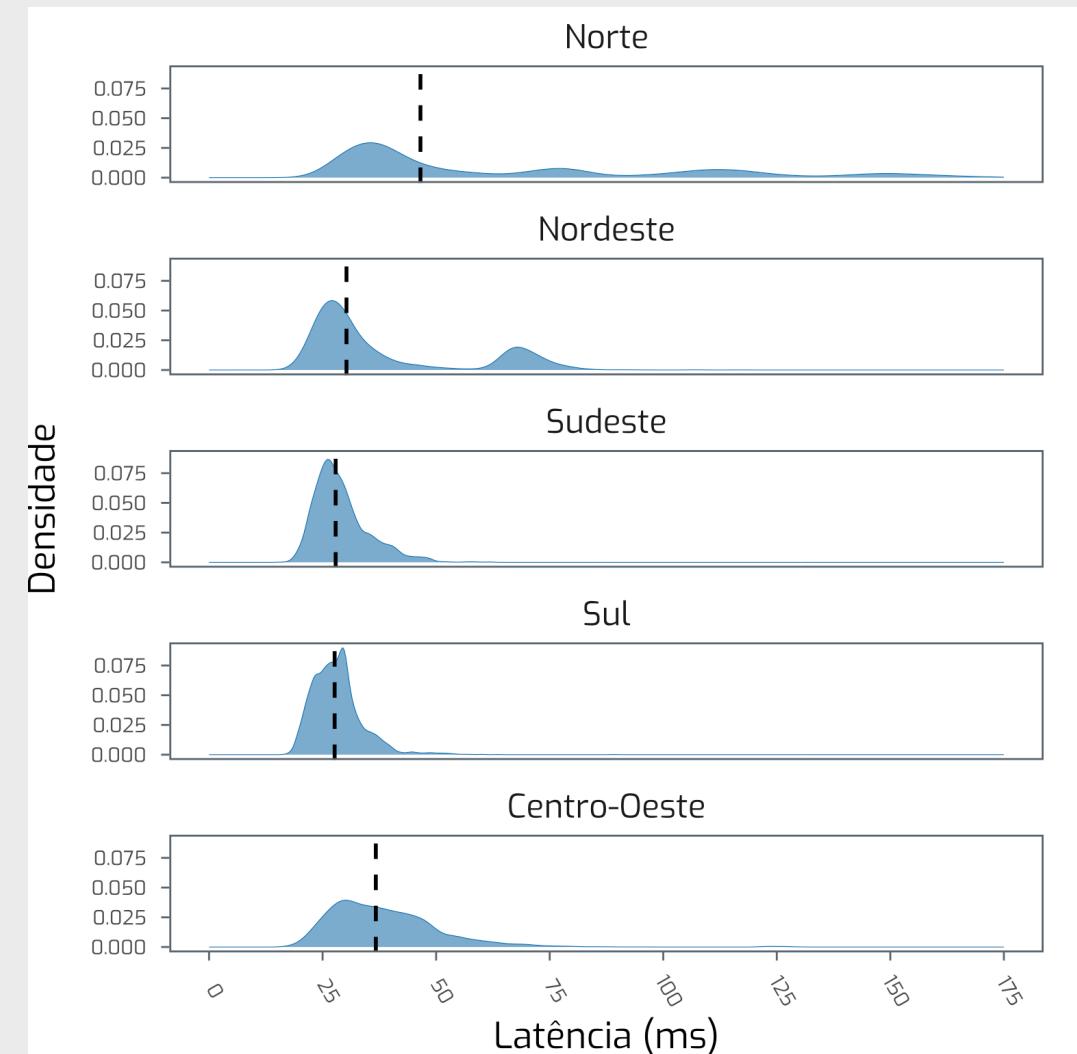
Visão regional de latência (RTT) ⏱

Conexões GEO (alta órbita)

- no **Norte, Nordeste e Sudeste** a distribuição da latência é mais larga
- a frequência de alta latência ocorreu em todas regiões exceto no Centro-Oeste
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região

Conexões LEO (baixa órbita)

- no **Norte e Nordeste** a distribuição é multi-modal
- a frequência de alta latência é destacada somente no **Norte**



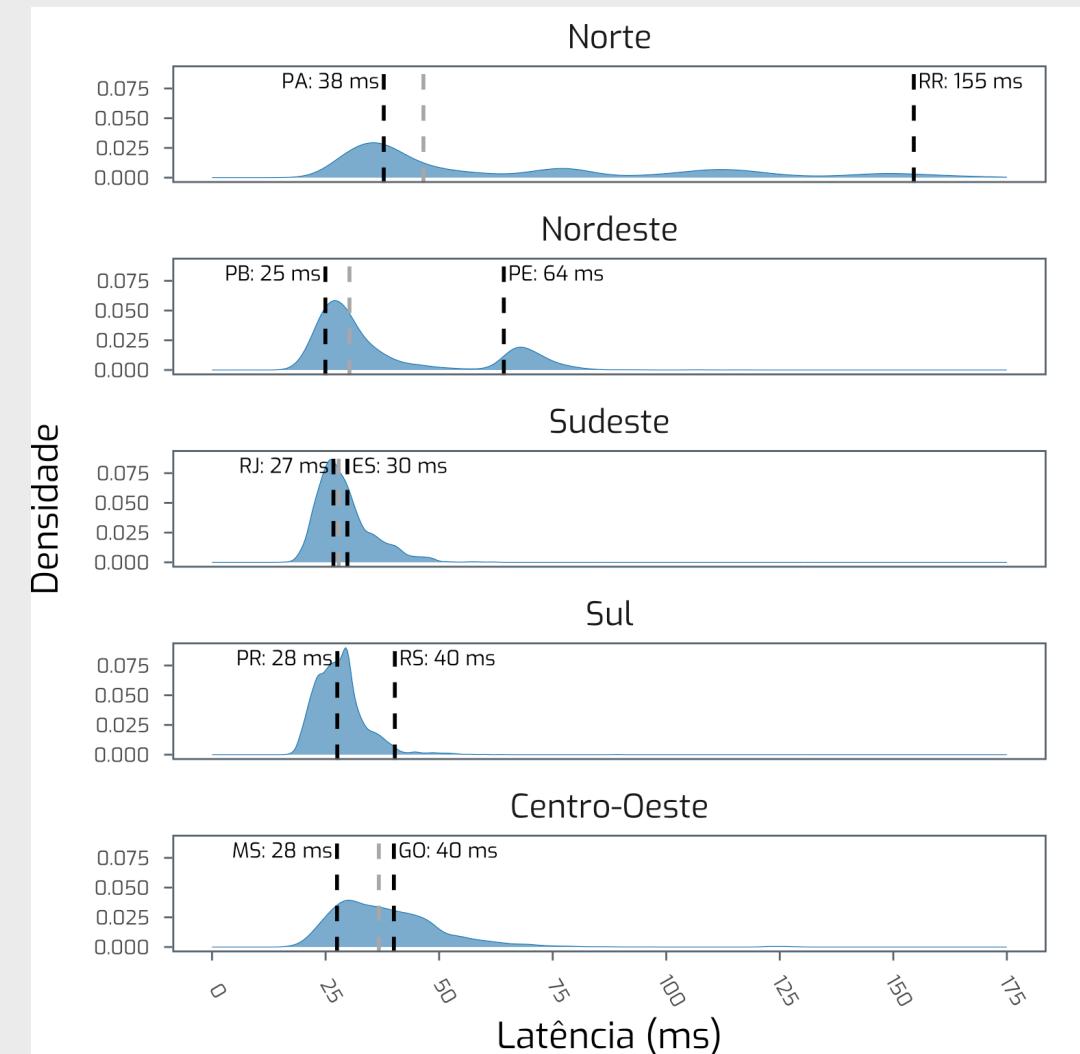
Visão regional de latência (RTT) ⏳

Conexões GEO (alta órbita)

- no **Norte, Nordeste e Sudeste** a distribuição da latência é mais larga
- a frequência de alta latência ocorreu em todas regiões exceto no Centro-Oeste
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região

Conexões LEO (baixa órbita)

- no **Norte e Nordeste** a distribuição é multi-modal
- a frequência de alta latência é destacada somente no **Norte**
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região



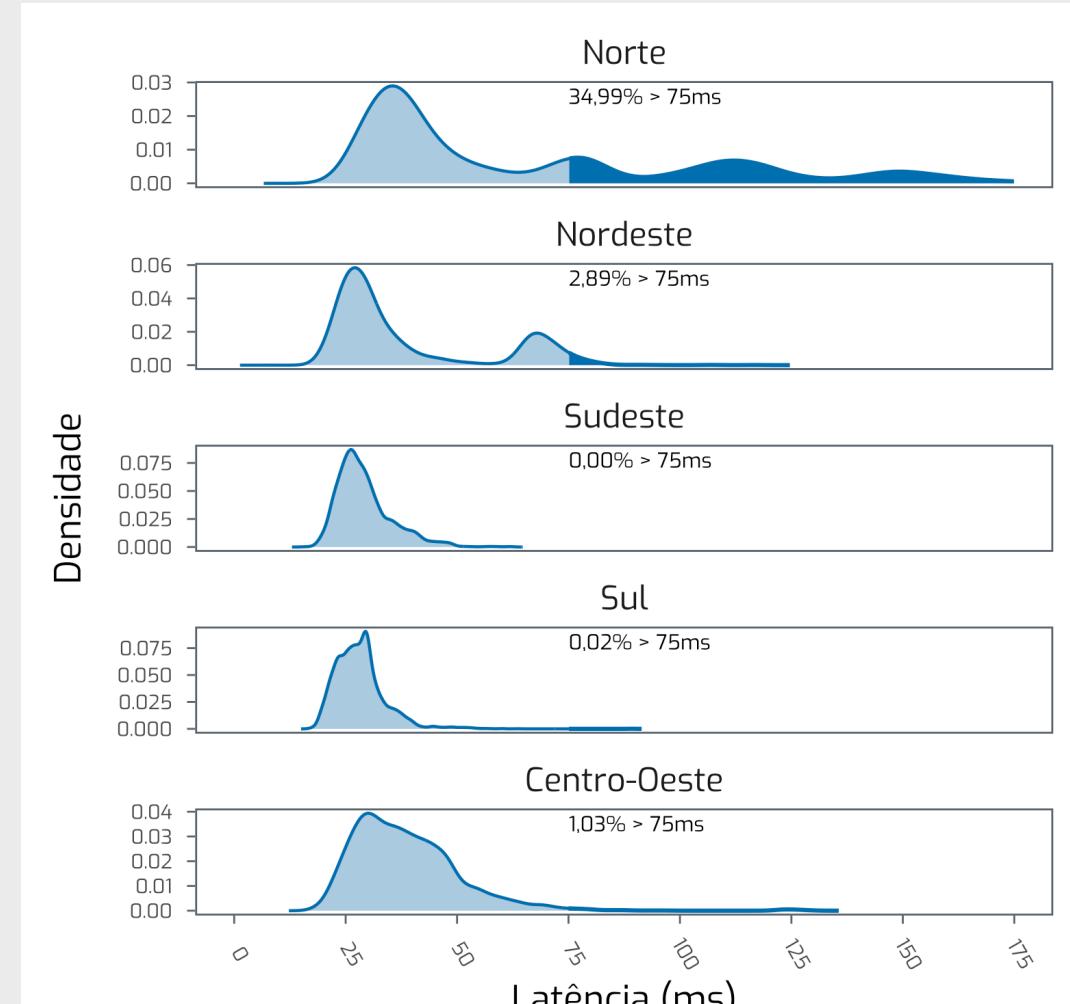
Visão regional de latência (RTT) ⏱

Conexões GEO (alta órbita)

- no **Norte, Nordeste e Sudeste** a distribuição da latência é mais larga
- a frequência de alta latência ocorreu em todas regiões exceto no Centro-Oeste
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região

Conexões LEO (baixa órbita)

- no **Norte e Nordeste** a distribuição é multi-modal
- a frequência de alta latência é destacada somente no **Norte**
- **mas** ainda existem diferenças entre os estados na mesma região



Lessons learned

⌚ Resultados preliminares.

O que esta análise conta

- 1 download capacidade de **GEO** é menor do que de **LEO**

O que esta análise conta

- 1 download capacidade de **GEO** é menor do que de **LEO**
 - ainda há diferenças que indicaram um acesso mais lento para as regiões Norte e Nordeste

O que esta análise conta

1 download capacidade de **GEO** é menor do que de **LEO**

- ainda há diferenças que indicaram um acesso mais lento para as regiões Norte e Nordeste
- dentro das regiões existem diferenças que indicaram diferenças no desempenho entre os estados
 - conexões via **GEO** mais lentas (<= 20 Mbps) em **Amazonas, Tocantins, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**
 - conexões via **LEO** mais lentas (<= 20 Mbps) em **Paraíba, Alagoas e Goiás**

O que esta análise conta

- 1 download capacidade de **GEO** é menor do que de **LEO**
 - ainda há diferenças que indicaram um acesso mais lento para as regiões Norte e Nordeste
 - dentro das regiões existem diferenças que indicaram diferenças no desempenho entre os estados
 - conexões via **GEO** mais lentas (≤ 20 Mbps) em **Amazonas, Tocantins, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**
 - conexões via **LEO** mais lentas (≤ 20 Mbps) em **Paraíba, Alagoas e Goiás**
- 2 a latência, para as duas conexões via satélite, fica mais alta do que o limite teórico
 - **GEO**: nas todas regiões exceto Centro-Oeste a porcentagem das medições altas (>650 ms) é $\geq 18\%$
 - **LEO**: a alta latência (>75 ms) é somente destacada no Norte (~35%)



Bom evento!

Obrigado pela atenção!

ceptr.br nic.br



phil-k



philkleer



kleer



benedikt@nic.br

RECOURCES

Decreto: Institui a Estratégia Nacional de Escolas Conectadas. BrasíliaBrasil; Presidência da República, 26 set. 2023. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11713.htm>. Acesso em: 29 abr. 2024

MILLAN, Cristiane Honora *et al.* **Desenvolvimento de critério de avaliação da velocidade de internet medida nas escolas. Medidor Educação Conectada (tecnologia SIMET).** [S.I.]: Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR – NIC.br, 2025.

Resolução CENEC: Estabelece os parâmetros de conectividade para fins pedagógicos nos estabelecimentos de ensino da rede pública de educação básica. Brasil; Comissão Especial de Educação Conectada, 22 fev. 2024. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-cenec-n-2-de-22-de-fevereiro-de-2024-546279176>>. Acesso em: 29 abr. 2024