

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE COMPUTAÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

MATHEUS BUENO FARIA

**MONITORAMENTO DE REDE: ANÁLISE DE UMA REDE LOCAL  
UNIVERSITÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2024

MATHEUS BUENO FARIA

## MONITORAMENTO DE REDE: ANÁLISE DE UMA REDE LOCAL UNIVERSITÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientadora: Natássya Barlate Floro da Silva

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2024



[4.0 Internacional](#)

Esta é a mais restritiva das seis licenças principais Creative Commons. Permite apenas que outros façam download dos trabalhos licenciados e os compartilhem desde que atribuam crédito ao autor, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais.



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Monitoramento de rede: análise de uma rede local universitária**

**por**

**Matheus Bueno Faria**

Este Trabalho de Conclusão de Curso de graduação foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia de Computação” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Curso de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Cornélio Procópio, 29 de agosto de 2024

---

Profa. Dra. Natássya Barlate Floro da Silva

---

Prof. Dr. Antonio Carlos Fernandes da Silva

---

Prof. Dr. Lucas Dias Hiera Sampaio

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho. Agradeço também a todos os meus professores e mentores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, os quais me ajudaram e me direcionaram durante o percurso em minha jornada acadêmica, em especial à minha orientadora Dra. Natássya Barlate Floro da Silva pela dedicação e paciência. Grato pelo apoio de minha família e de meus amigos nos momentos desafiadores.

## RESUMO

FARIA, Matheus Bueno. Monitoramento de rede: análise de uma rede local universitária. 2024. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2024.

Com o avanço da tecnologia nos últimos anos, uma maior quantidade de dispositivos eletrônicos estão conectados nas redes locais, e consequentemente à rede mundial Internet. Logo, o consumo do tráfego de Internet vem aumentando consideravelmente nessas redes, que antigamente possuíam apenas computadores de mesa conectados. Existem diferentes ferramentas para analisar uma rede conectada à Internet, como medidores de velocidade de banda larga, bastante utilizados para avaliar a qualidade de conexão. Contudo, elas não oferecem uma análise detalhada sobre esses dados obtidos, trazendo apenas os resultados dos testes efetuados e uma análise superficial. Além disso, os trabalhos presentes na literatura também não relatam a avaliação dessas redes para diferentes meios de transmissão. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a rede de acesso local da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no campus Cornélio Procópio com o desenvolvimento de *scripts* para automatizar os testes de velocidade. Para essa avaliação, foi feito uma série de testes de velocidade medindo a taxa de transmissão de *download*, taxa de transmissão de *upload*, latência e *jitter*. Com essas coletas, foi possível realizar uma análise a partir da geração de gráficos e tabelas dos dados coletados, também automatizados por *scripts*. Essas funcionalidades foram desenvolvidas por meio de bibliotecas da linguagem *Python* utilizadas principalmente para a análise de dados. Os experimentos para a análise da rede foram realizados com a variação de 3 fatores: tipos de meios de transmissão, local e período. Foram utilizados meios de transmissão guiados, *Ethernet*, e não guiados, com Wi-Fi. O local está relacionado com o bloco em que foram feitos os testes, e o período indicou o momento do dia que eles foram executados, pois isto influencia na quantidade de dispositivos conectados, dado que o número de pessoas no campus é variável entre diferentes horários. Os resultados do trabalho mostram um cenário satisfatório, em que a universidade apresenta boas taxas de transmissão instantâneas de dados, além de um bom desempenho com baixa latência e *jitter*. Ademais, foi possível perceber similaridades, tais como resultados bem próximos nos valores da latência e do *jitter*, e também diferenças, as quais ocorreram de forma mais impactante nos resultados referentes às taxas de transmissão instantânea entre os diferentes experimentos realizados. Assim, foi possível avaliar o impacto que cada fator provocou nos experimentos. A combinação dos fatores meio de transmissão Wi-Fi com o período noturno resultou no resultado com a pior performance no trabalho, sendo este que produziu o maior impacto na rede de acesso interna, enquanto que a combinação entre os fatores meio de transmissão *Ethernet* e período vespertino produziu o resultado com o melhor desempenho. Contudo, o trabalho não conseguiu determinar todas as causas referentes às anomalias detectadas na rede.

**Palavras-chave:** Análise de desempenho de redes. Meios de transmissão. *Python*. Medidor de velocidade. Análise de dados.

## ABSTRACT

FARIA, Matheus Bueno. Network monitoring: analysis of a university's local network. 2024. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2024.

As technology has improved in recent years, a considerable number of electronic devices are connected to the local network, and consequently to the global network called Internet. Therefore, the Internet traffic consumption has been increasing considerably in these networks, which previously only had desktop computers connected. There are different tools for analyzing a network connected to the Internet, such as broadband speed tests, which are widely used to rate the connection quality. However, they do not offer a detailed analysis of this data, providing only the measurements of the tests carried out and a superficial analysis. Furthermore, the literature studies also do not report the evaluation of these networks for different transmission media. Therefore, the objective of this work was to evaluate the connection of the Federal Technological University of Paraná on the Cornélio Procópio campus with the development of scripts to automate the speed tests. For this evaluation, a series of speed tests were conducted, which measure the download transmission rate, upload transmission rate, latency and jitter. With these samples, it was possible to carry out an analysis by generating graphs and tables of the data sample, also automated with scripts. These functionalities were developed through Python language libraries used mainly for data analysis. Finally, experiments for network analysis were carried out with variations of 3 factors: types of transmission media, location and period. The transmission media were guided, Ethernet, and unguided, with Wi-Fi. The location is related to the block in which they were executed, as this may influence the number of connected devices, given that the number of people on the campus varies between different times. The results of the study show a satisfactory scenario, in which the university presents good instantaneous data transmission rates, in addition to good performance with low latency and jitter. Furthermore, it was possible to notice similarities, such as very close results in latency and jitter values, and also differences, which occurred more impactfully in the results regarding instantaneous transmission rates between the different experiments performed. Thus, it was possible to evaluate the impact that each factor had on the experiments. The combination of the factors Wi-Fi transmission media with the night period resulted in the result with the worst performance in the work, which produced the greatest impact on the internal access network, while the combination between the factors Ethernet transmission media and afternoon period produced the result with the best performance. However, the work was not able to determine all the causes related to the anomalies detected in the network.

**Keywords:** Network performance analysis. Transmission media. Python. Speed test. Data analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dispositivos de acesso mais utilizados na Internet em 2016, 2019 e 2022 . .	1
Figura 2 – Serviços mais utilizados no Brasil em 2016, 2021 e 2022 . . . . .	2
Figura 3 – Exemplo de rede LAN . . . . .	5
Figura 4 – Exemplo de rede WLAN . . . . .	6
Figura 5 – Reflexão interna de um cabo de fibra óptica . . . . .	7
Figura 6 – Cabo CAT5e trançado . . . . .	8
Figura 7 – Latências em diferentes meios de transmissão . . . . .	11
Figura 8 – Resultado de um teste no site EAQ . . . . .	13
Figura 9 – Fluxograma inicial do <i>script</i> . . . . .	18
Figura 10 – Gráfico da média de taxa de transmissão de <i>download</i> . . . . .	31
Figura 11 – Gráfico da média de taxa de transmissão de <i>upload</i> . . . . .	32
Figura 12 – Gráfico da média da latência . . . . .	34
Figura 13 – Gráfico das médias do <i>jitter</i> . . . . .	35
Figura 14 – Gráfico do desvio padrão da taxa de transmissão de <i>download</i> . . . . .	43
Figura 15 – Gráfico do desvio padrão da taxa de transmissão de <i>upload</i> . . . . .	44
Figura 16 – Gráfico do desvio padrão da latência . . . . .	44
Figura 17 – Gráfico do desvio padrão do <i>jitter</i> . . . . .	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados . . . . .	15
Tabela 2 – Fatores e níveis dos experimentos . . . . .	28
Tabela 3 – Média e desvio padrão de taxa de transmissão de <i>download</i> . . . . .	30
Tabela 4 – Média e desvio padrão de taxa de transmissão de <i>upload</i> . . . . .	32
Tabela 5 – Média e desvio padrão da latência . . . . .	33
Tabela 6 – Média e desvio padrão do <i>jitter</i> . . . . .	34



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
BSD	<i>Berkeley Software Distribution</i>
CAT5e	<i>Category 5 enhanced</i>
CAT6	<i>Category 6</i>
CAT6A	<i>Category 6 Augmented</i>
CAT7	<i>Category 7</i>
CAT7A	<i>Category 7 Augmented</i>
csv	<i>Comma-separated values</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
EEG	<i>Electroencephalography</i>
EAQ	Entidade Aferidora da Qualidade de Banda Larga
ESAQ	Entidade de Suporte à Aferição da Qualidade
EUA	Estados Unidos da América
FTTH	<i>Fiber to the Home</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ICMP	<i>Internet Control Message Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISP	<i>Internet Service Provider</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MIMI	Múltiplas Entradas e Múltiplas Saídas
NFC	<i>Near Field Communication</i>
Nan	<i>Not a Number</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
ping	<i>Packet Internet Network Groper</i>

PLC	<i>Power Line Communication</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
RMS	<i>Root mean square</i>
SHF	<i>Super High Frequency</i>
SIMET	Medidor de velocidade de Internet completo
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

## LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1 – Importações das principais bibliotecas que são necessárias para o funcionamento do <i>script</i> para a funcionalidade de leitura dos dados . . . . .	18
Algoritmo 2 – Entrada de dados pelo usuário, que são necessários para a inicialização da série de testes do trabalho . . . . .	19
Algoritmo 3 – Criação do arquivo, especificando o delimitador a ser utilizado na separação das informações as respectivas informações que serão coletadas durante os testes a serem realizados . . . . .	20
Algoritmo 4 – Parte inicial do <i>loop</i> de testes, onde será selecionado o servidor a ser efetuado o teste e, em seguida, serão realizados os testes das taxas de transmissão de <i>download</i> e <i>upload</i> , latência e <i>jitter</i> . . . . .	20
Algoritmo 5 – Função para realizar o cálculo manualmente do <i>jitter</i> . . . . .	21
Algoritmo 6 – Continuação do <i>loop</i> de testes, onde serão capturadas informações relevantes sobre os testes que foram realizados, e em seguida serão gravadas em uma nova linha no arquivo CSV criado . . . . .	21
Algoritmo 7 – <i>Script</i> da junção dos dados, onde é feito uma iteração sobre os arquivos que estão contidos os dados dos testes, e, em seguida, são adicionados em um novo arquivo onde estarão compilados todos os testes . . . . .	22
Algoritmo 8 – Importação das bibliotecas <i>pandas</i> e <i>matplotlib.pyplot</i> , essenciais para a análise de dados e geração de gráficos. O arquivo principal com todos os dados é armazenado na variável <i>data</i> . . . . .	23
Algoritmo 9 – Segunda célula do <i>script analise.ipynb</i> , responsável pela separação e agrupamento dos dados. . . . .	24
Algoritmo 10 – <i>Loop</i> para a geração dos gráficos relacionados a média de taxa de transmissão de <i>download</i> e <i>upload</i> e para a média da latência e do <i>jitter</i> . . . . .	24
Algoritmo 11 – Importação das bibliotecas para o cálculo do desvio padrão e definição das variáveis e listas que armazenam os resultados. . . . .	26
Algoritmo 12 – <i>Loop</i> responsável pelo cálculo e armazenamento dos resultados do desvio padrão. . . . .	26
Algoritmo 13 – Geração de gráficos feitos a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do desvio padrão. . . . .	27

## SUMÁRIO

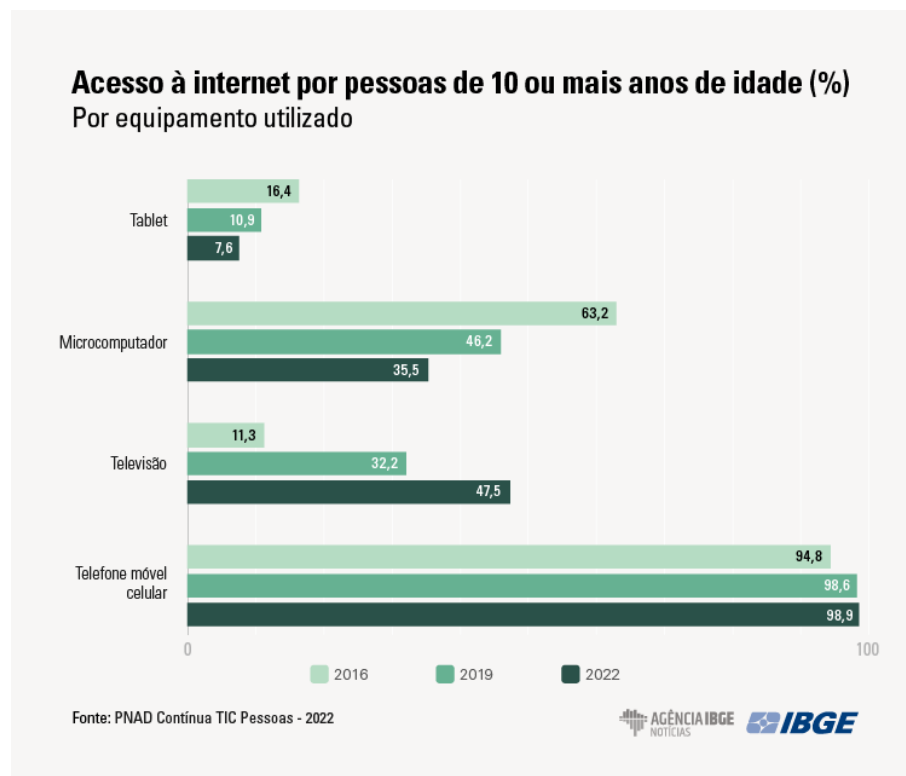
<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	3
1.2 Organização do texto	3
<b>2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>4</b>
2.1 Redes Locais	4
2.1.1 <i>Local Area Network</i>	5
2.1.2 <i>Wireless Local Area Network</i>	5
2.2 Meios de transmissão	6
2.2.1 Meios de transmissão guiados	6
2.2.1.1 Fibra óptica	6
2.2.1.2 Cabos <i>Ethernet</i>	7
2.2.2 Meios de transmissão não guiados	8
2.2.2.1 Wi-Fi	9
2.3 Medidas para análise de redes	10
2.3.1 Taxa de <i>download</i> e <i>upload</i>	10
2.3.2 Latência	10
2.3.3 <i>Jitter</i>	11
2.3.4 Média, mediana, moda e desvio padrão	12
2.4 Medidores de velocidade	12
2.4.1 EAQ	13
2.4.2 Speedtest.net	13
2.5 Trabalhos Relacionados	14
<b>3 – DESENVOLVIMENTO</b>	<b>17</b>
3.1 Coleta dos dados	18
3.2 Junção dos dados	22
3.3 Análise dos dados	23
3.3.1 Média dos experimentos	24
3.3.2 Desvio padrão dos experimentos	25
3.4 Experimentos	28
<b>4 – RESULTADOS</b>	<b>30</b>
4.1 Resultados da média e desvio padrão da taxa de transmissão de <i>download</i> e <i>upload</i>	30
4.2 Latência e <i>Jitter</i>	33
<b>5 – CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
5.1 TRABALHOS FUTUROS	36
<b>Referências</b>	<b>38</b>

<b>Apêndices</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICE A—Gráficos de desvio padrão . . . . .</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Internet tem se tornado cada vez mais necessária na vida das pessoas, seja para fins de entretenimento como também para a vida profissional. Antigamente, o uso de aparelhos por rede era geralmente ligado a um dispositivo: o computador de mesa (ou *desktop*) ([JORNAL ESTADO DE MINAS, 2011](#)). No entanto, com a crescente evolução da tecnologia e a possibilidade de outros aparelhos domésticos se conectarem a rede local, o uso do tráfego aumentou significativamente. Na Figura 1, é possível observar quatro exemplos de dispositivos de acesso, tendo o celular como o dispositivo mais utilizado entre os brasileiros de pelo menos 10 anos de idade nos anos de 2016, 2019 e 2022. Portanto, devido ao aumento de dispositivos conectados numa mesma rede local, o consumo de banda larga aumentou, o que em muitos casos pode gerar lentidão aos usuários ([IBGE, 2022](#); [RITCHIE et al., 2023](#)).

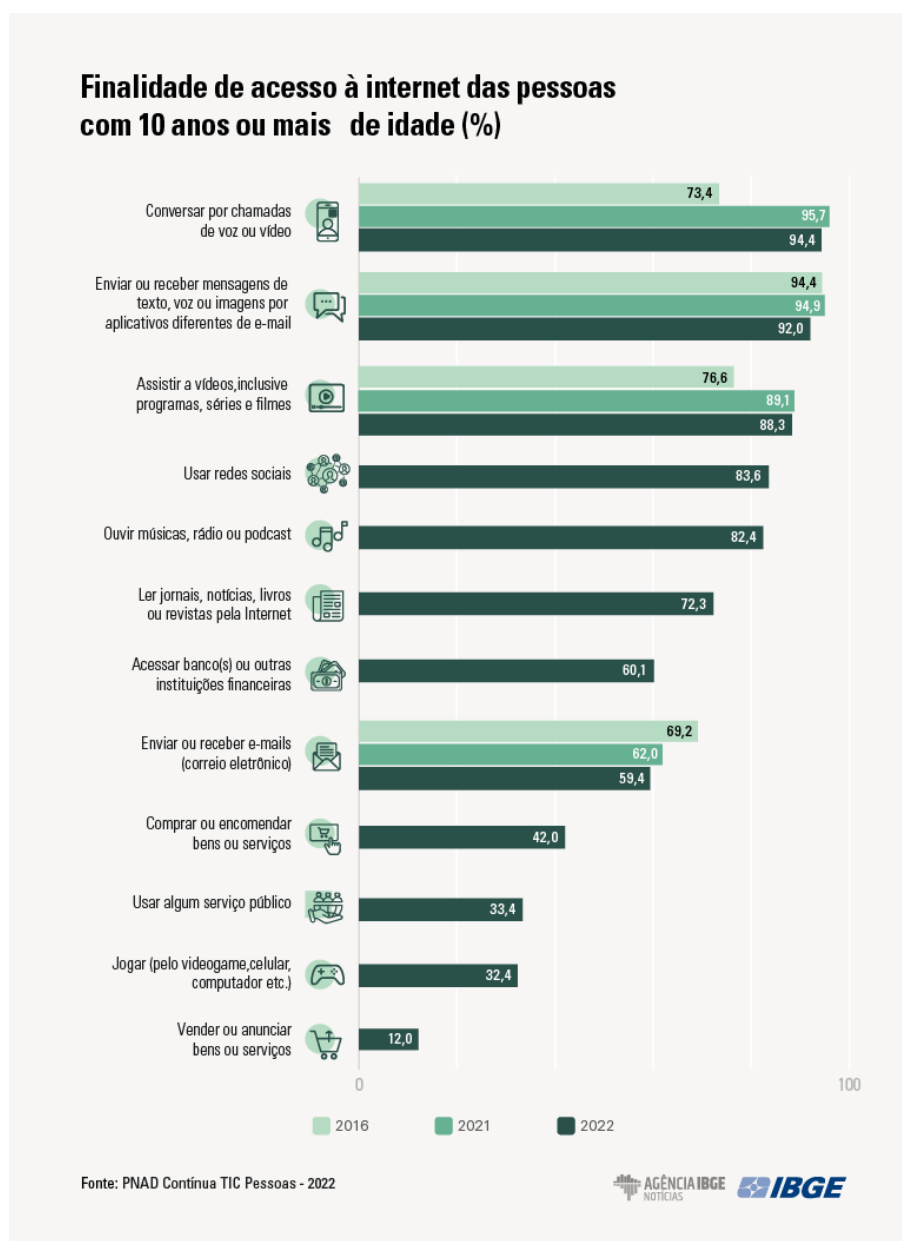
Figura 1 – Dispositivos de acesso mais utilizados na Internet em 2016, 2019 e 2022



Fonte: ([IBGE, 2022](#))

Com a chegada da pandemia do Coronavírus, a Internet se tornou um recurso essencial para qualquer indivíduo ter em casa. No entanto, a qualidade da conexão, principalmente no Brasil, não é uniforme, podendo sofrer perdas de desempenho em diferentes localidades ([CAPITAL DIGITAL, 2023](#); [SCHIAVON; MOREIRA, 2022](#)). Acrescentando ao fato de que muitas famílias passaram a conviver de modo muito mais frequente em suas residências, é crucial para toda residência ter um serviço que pelo menos tenha uma estabilidade razoável. Muitos são os serviços utilizados pelas pessoas, tais como chamadas de vídeo, consumo de filmes e séries em *streaming*, *live streaming*, compra de bens ou serviços, entre outros, tal como é possível observar na Figura 2. A maioria desses serviços requer uma banda considerável, dependendo da resolução optada pelo usuário ([IBGE, 2022](#); [ITU, 2022](#)).

Figura 2 – Serviços mais utilizados no Brasil em 2016, 2021 e 2022



Fonte: (IBGE, 2022)

Existem diferentes tipos de serviços e plataformas que fazem testes de velocidade, tais como o *Speedtest* (OOKLA, LLC., A ZIFF DAVIS COMPANY, 2023) e o EAQ (Entidade Aferidora da Qualidade de Banda Larga) (ESAQ, 2023). Nesses medidores são realizados os testes de taxa de transmissão de *download* e *upload*, latência e *jitter*. Essas medidas impactam diretamente na experiência do usuário, pois se as taxas de transmissões forem baixas, o usuário sofrerá lentidão ao carregar uma página num navegador web, por exemplo. Ou ainda, se a latência ou o *jitter* obtiverem valores altos, a conexão estabelecida entre o cliente e o servidor será cada vez mais instável, podendo até mesmo ser perdida.

Existem trabalhos presentes na literatura que realizam a análise da taxa de transmissão de *download* e *upload* para a conexão da Internet, como o de Paul et al. (2022), Paul et al. (2021) e Saxon e Black (2022). Contudo, nesses trabalhos, os autores não abordaram os

meios de transmissão utilizados para os testes feitos. Apenas no trabalho de Costa (2022) há a indicação dos meios de transmissão usados, além de utilizar a medida avaliativa *jitter*, um parâmetro de medida importante para verificar a estabilidade de conexão entre dois pontos. Além disso, nesses trabalhos, com exceção dos de Costa (2022) e de Melnik et al. (2022), são mencionados o uso de dados coletados diretamente do banco de dados de sites de medidores de velocidades. Sendo assim, informações mais específicas sobre os testes, como o meio de transmissão utilizado, ficaram mais limitadas ou até mesmo indisponíveis. Portanto, há uma ausência de trabalhos que relatam as informações mais específicas sobre os testes de velocidade de conexões de Internet, principalmente com a variação dos meios de transmissão das redes locais e considerando as medidas de latência e *jitter*.

## 1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é de analisar e avaliar a rede de acesso interna de conexão à Internet da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do campus de Cornélio Procopio, através de dados coletados por meio de testes de velocidade de Internet. Dado que o usuário da rede de acesso interna não possui controle de toda a rede interna local, foi levado em consideração toda a carga de rede que está sendo utilizada na UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), de modo a verificar em quais meios de acessos, cabeados ou sem fio, locais e períodos a rede possui maior ou menor desempenho. Os *scripts* desenvolvidos têm como foco funcionalidades para análise da rede da UTFPR, mas o usuário também pode utilizá-los para analisar uma rede doméstica, ou até mesmo uma rede móvel de alto alcance. Por meio dos dados coletados, são comparados os resultados dos testes realizados via transmissão por meio guiado e testes realizados via transmissão por meio não guiado, com o intuito de descobrir se as condições externas do ambiente provocam de fato uma discrepância na qualidade da comunicação.

As principais informações coletadas sobre os testes são: velocidade de *download* e *upload* medida em Mbps, latência em ms (milissegundos) e *jitter* em ms. Além disso, são coletadas outras informações relevantes sobre o teste, tais como: data, horário, servidor e local onde o teste foi realizado.

## 1.2 Organização do texto

Esta monografia está dividida em 5 capítulos: introdução, fundamentação teórica, desenvolvimento, resultados e conclusão. O Capítulo 2 discorre sobre os principais conceitos teóricos utilizados, como os tipos de rede em que os testes são aplicados, os tipos de meios de transmissão, medidas e medidores de velocidade de Internet. Também nela se encontrara os trabalhos relacionados, sendo discutidas suas principais diferenças. O Capítulo 3 apresenta de forma mais detalhada de que maneira funcionam os *scripts* desenvolvidos. São abordadas também as bibliotecas que são utilizadas na análise dos testes coletados e os critérios estabelecidos para a composição dos experimentos. No Capítulo 4 são discutidos os resultados dos experimentos realizados para diferentes meios de transmissão, locais e períodos. Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões e são indicados os trabalhos futuros.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A *Internet* foi criada em 1969 com o nome de ARPANET (Rede da Agência de Pesquisas em Projetos Avançados) nos EUA (Estados Unidos da América). Sua criação inicialmente tinha como objetivo interligar os laboratórios de pesquisa militar, de forma com que pudessem realizar trocas de informações e dados durante o auge da Guerra Fria. Apenas pessoas de áreas acadêmica e científica tiveram acesso à rede neste período. Somente em 1987 seu uso foi liberado para fins comerciais nos EUA (UOL, 2001).

A Internet, de forma simplificada, pode ser definida como uma rede global de computadores ou uma rede de redes ou, ainda tecnicamente, pode-se afirmar que Internet é a união de um enorme número de redes ao redor do mundo que se comunicam através do protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*). A Internet utiliza redes ISP (*Internet Service Provider* para conectar redes domésticas, empresariais e muitos outros tipos de redes (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

A comunicação entre os computadores se dá por meio de protocolos TCP/IP, TCP e UDP (*User Datagram Protocol*). O protocolo TCP é orientado a conexão, garante a transmissão de dados de forma confiável e de forma sequencial, possui controle de congestionamento para não sobrecarregar a rede. O protocolo UDP é não orientado a conexão, sem controle de congestionamento (pode enviar vários segmentos de forma rápida) (UFPE, 1997).

Para a comunicação entre diferentes dispositivos eletrônicos, é necessário que eles estejam conectados fisicamente de alguma forma. Esta forma de conexão pode ser por meio de condução (meio guiado de transmissão) ou irradiação (meio não guiado de transmissão). Dentro de uma rede local, definida com uma rede onde há um pequeno grupo de dispositivos eletrônicos interligados, podem ser utilizados os dois tipos de meios de transmissão, em que os dispositivos podem estar conectados por meio de cabos *Ethernet* do tipo CAT5e (*Category 5 Enhanced*), CAT6 (*Category 6*), CAT6A (*Category 6 Augmented*), CAT7 (*Category 7*) ou até mesmo o CAT7A (*Category 7 Augmented*), e também por meio de um sinal de radiofrequência Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Para a conexão de computadores situados em diferentes tipos de rede local, é necessário percorrer um caminho maior para a troca de informações, e neste caso é utilizado um meio de transmissão guiado chamado de fibra óptica. Também é possível conectar por meio de transmissão não guiado como sinais de radiofrequência e satélite, embora haja perdas significantes na qualidade de sua conexão, como um decréscimo na taxa de transmissão de *download*, *upload*, além de causar uma oscilação maior na latência e consequentemente um aumento no valor do *jitter*. Estas medidas podem ser obtidas através de medidores de velocidade de Internet, que são utilizados por usuários para conseguir avaliar sobre a conexão atual de sua rede à Internet (MORAES, 2020).

### 2.1 Redes Locais

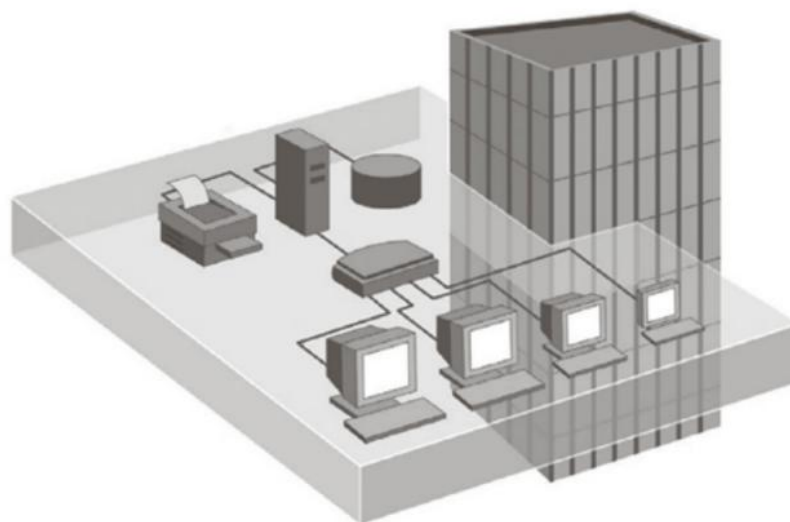
Para estabelecer uma conexão entre os dispositivos eletrônicos, é necessário escolher um tipo de rede. Ao depender da distância entre os dispositivos, pode ser preciso escolher mais de um tipo de rede para que eles possam trocar informações entre si. Os tipos de redes mais importantes são: LAN (*Local Area Network*), WLAN (*Wireless Local Area Network*) e WAN (*Wide Area Network*) (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

### 2.1.1 Local Area Network

A rede LAN é o nome dado para uma rede de computadores, quando esta se restringe a um mesmo local físico, por exemplo, a uma empresa, uma casa ou um escritório. Uma rede LAN pode ser cabeada ou *wireless*, e, de forma geral, a LAN possui uma mesma faixa de IP restrita a ela e uma máscara de rede comum. No caso de redes cabeadas, elas serão organizadas por *switch*, um aparelho capaz de identificar remetente e destinatário de quadros em uma rede, gerenciando de forma eficiente e organizada os quadros a serem enviados. Neste tipo de rede vários computadores e dispositivos eletrônicos podem se conectar nela e trocar informações entre si (BARRETO; ZANIN; SARAIVA, 2018; TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Uma rede LAN pode ser representada pela Figura 3, onde existem vários computadores de mesa conectados a uma rede local através de um *switch*, o que permite a todos conseguirem acessar os recursos disponíveis na rede.

Figura 3 – Exemplo de rede LAN



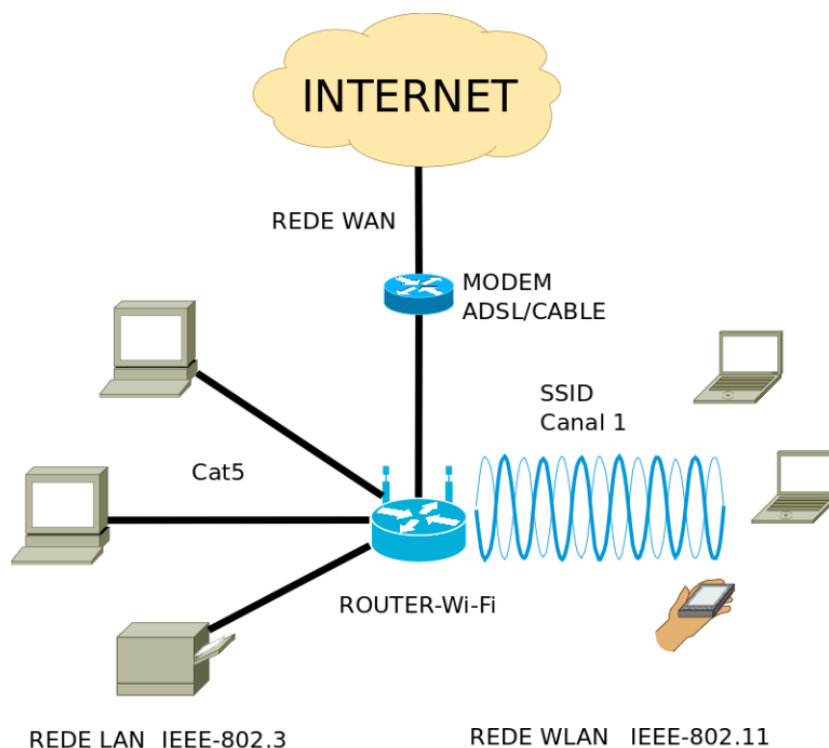
Fonte: (BARRETO; ZANIN; SARAIVA, 2018)

### 2.1.2 Wireless Local Area Network

As redes WLANs são um tipo de rede local similar à rede LAN, com a diferença de que a transmissão de dados irá ocorrer de forma não guiada ou sem fio. Redes Wi-Fi são consideradas WLANs, mas nem todas as WLANs podem ser consideradas redes Wi-Fi. As redes WLANs, apesar de terem como foco principal a transmissão de dados sem fio, a comunicação também pode ocorrer por meio de cabos, o que configuraria uma rede do tipo híbrida (HEWLETT PACKARD ENTERPRISE DEVELOPMENT LP, 2023).

A Figura 4 exemplifica de forma bem clara uma rede WLAN, onde é possível perceber vários dispositivos eletrônicos, tais como computadores, notebooks, celular e uma impressora conectados ao aparelho roteador Wi-fi. Ele consegue conectar os dispositivos tanto por meio guiado de transmissão como em meios não guiados de transmissão.

Figura 4 – Exemplo de rede WLAN



Fonte: ([SECBITREZ, 2018](#))

## 2.2 Meios de transmissão

As redes de conexão, segundo a camada física do modelo de referência OSI/ISO (*Open Systems Interconnection, International Organization for Standardization*), podem ter dois tipos de meios de transmissão: os meios guiados, onde os sinais se propagam em meios sólidos (popularmente conhecido como rede com fio) e os meios não guiados, que os sinais se propagam de forma livre (mais conhecidos como redes sem fio) ([STALLINGS, 2006](#)).

### 2.2.1 Meios de transmissão guiados

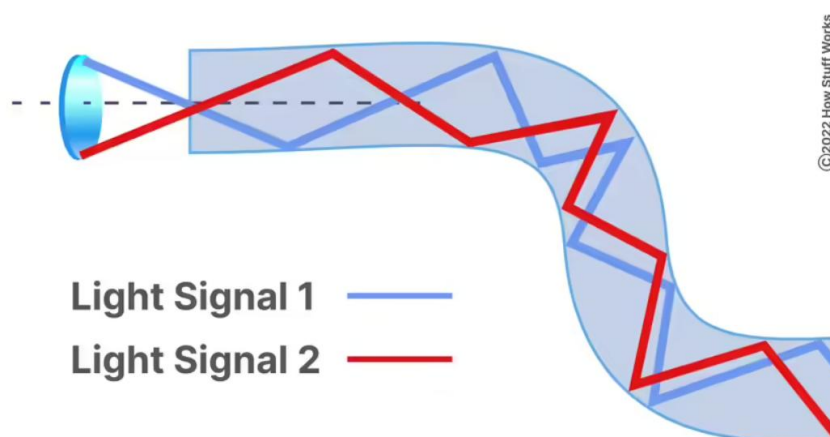
As redes com fio possuem um meio de transmissão guiado, onde são utilizados condutores físicos. Geralmente, são utilizados cabos de cobre ou de fibra óptica como condutores dos sinais, sendo que os tipos mais utilizados são: cabo de fibra óptica e cabo de par trançado. Os principais critérios na escolha de utilização dentre eles está na distância na qual entre os dispositivos conectados se encontram, na largura de banda necessária e no custo resultante ([TANENBAUM; WETHERALL, 2011](#)).

#### 2.2.1.1 Fibra óptica

O meio guiado de transmissão que vêm crescendo em termos de novas atualizações é atualmente o de fibra óptica, utilizado para interconectar diferentes ISPs. É um tipo de tecnologia eficiente de transmissão, pois ela garante uma maior largura de banda de transmissão dos dados, uma baixa atenuação no sinal, baixa perda de pacotes e distâncias grandes entre um ponto e outro ([TECMUNDO, 2020](#)).

A transmissão através da fibra óptica funciona por meio de raios de feixes luminosos, onde a luz viaja através do núcleo refletindo de forma constante no revestimento, resultando no fenômeno conhecido como reflexão interna total, tal como é possível observar na Figura 5. Como a luz é refletida sem ocorrer a absorção, ela pode percorrer longas distâncias. No entanto, parte do sinal pode ser perdido à medida que as distâncias forem maiores. A extensão da degradação do sinal irá decorrer de fatores como: a pureza do vidro, número de curvas na fibra ou emendas que conectam seções de fibra e do comprimento de onda da luz transmitida (TANENBAUM; WETHERALL, 2011; Craig Freudenrich, Ph.D. and Chris Pollette, 2022).

Figura 5 – Reflexão interna de um cabo de fibra óptica



Fonte: (Craig Freudenrich, Ph.D. and Chris Pollette, 2022)

Além disso, ela é considerada segura, pois como se trata de uma tecnologia que utiliza raios luminosos para a transmissão, quando houver uma tentativa de grampeamento do sinal, a luz acaba sendo desviada, o que causa uma perda alta de potência do sinal.

Atualmente, graças a evolução tecnológica dos meios de comunicação e maior acesso desse tipo de infraestrutura à população, foi possível implementar a fibra óptica desde o ponto de origem de transmissão (no ISP) até a interface do roteador do usuário, onde a partir daí o sinal é remodelado através do modem para transmissão por meio de cabos *Ethernet*. Esse esquema é conhecido como FTTH (*Fiber to the Home*) (STALLINGS, 2006).

#### 2.2.1.2 Cabos *Ethernet*

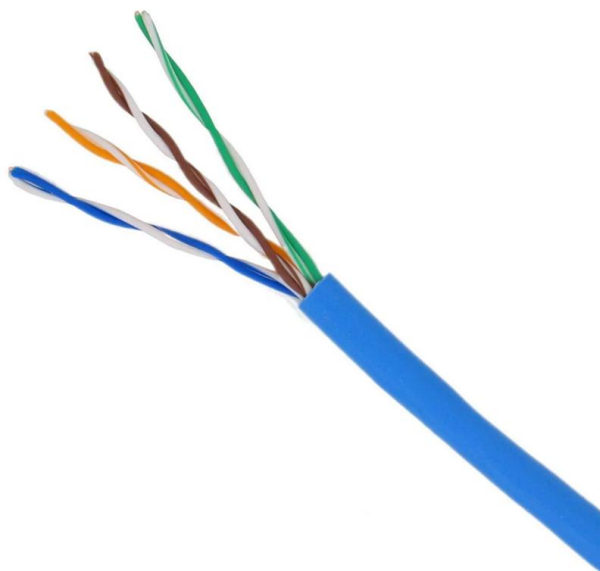
O cabo *Ethernet* é um cabo de rede utilizado para fazer conexões entre dispositivos por meio de fios de cobre, sendo que o mais utilizado e comercializado é o cabo CAT5e, o qual possui uma largura de banda de 100 MHz e pode oferecer uma taxa de transmissão de dados de até 1000 Mbps (*Megabits per second*). Para meios longos de distância, esse tipo de cabo tem uma alta perda de sinal. No entanto, para conexão locais de até 100 metros ele é muito eficiente, além de ter um excelente custo-benefício aos usuários. Ele possui par trançado, ou seja, cada fio possui um par no qual é entrelaçado junto ao outro, tal como é possível observar pela Figura 6. É necessário a sua utilização, pois cada fio possui um campo eletromagnético, e o entrelaçamento dos fios é feito para que o campo de um fio anule o campo do outro fio de forma simultânea (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Existem também os cabos CAT6 e CAT6A que são sucessores do cabo CAT5, os quais lidam com sinais de larguras de banda maiores de até 250 MHz e 500 MHz, respectivamente.

Por conta de possuírem uma maior largura de banda, ambos conseguem processar mais dados ao mesmo tempo, e podem também alcançar uma taxa de transmissão de dados de até 10 Gbps (*Gigabits per second*), com a diferença que no modelo CAT6 esta velocidade só pode ser alcançada em um cabo com um comprimento máximo de 55 metros, enquanto que no modelo CAT6A a mesma velocidade pode ser obtida em um cabo de até 100 metros de comprimento (BLACK BOX, 2023; MARK DEARING, 2018).

Além dos mencionados anteriormente, há também os cabos CAT7 e CAT7A, que lidam com sinais de larguras de banda maiores de até 600 MHz e 1000 MHz, respectivamente. Em alguns casos, o cabo CAT7A pode alcançar uma frequência de até 1200 MHz. A taxa de transmissão de dados do cabo CAT7 pode alcançar uma velocidade de até 10 Gbps. Apesar de o cabo CAT7A oferecer uma maior frequência se comparado ao cabo CAT7, sua largura de banda é de 10 Gbps, equivalente aos cabos CAT7 e CAT6A (MARK DEARING, 2018).

Figura 6 – Cabo CAT5e trançado



Fonte: (ELÉTRICA MARMOTA LTDA, 2022)

Os cabos CAT5E e CAT6 utilizam fio de cobre, geralmente possuindo 4 pares entrelaçados (8 fios) por cabo. Ambos os cabos podem atingir as velocidades designadas, desde que o alcance dos cabos não ultrapassem 100 metros de comprimento. Eles são excelentes para conectar uma rede de computadores local, a escolha entre um e outro pode ser definido pelos seguintes critérios: velocidade máxima na taxa de transmissão (1 Gbps ou 10 Gbps), número de usuários (quanto maior a quantidade de usuários, maior terá de ser a largura de banda da rede) e orçamento para o projeto (BLACK BOX, 2023).

### 2.2.2 Meios de transmissão não guiados

O meio não guiado de transmissão mais utilizado é o de radiodifusão, no qual são usadas ondas eletromagnéticas para a propagação do sinal. Este tipo de meio de transmissão pode ser utilizado tanto para disponibilizar sinal para redes móveis como também para redes particulares, como redes empresariais ou domésticas. Neste tipo de conexão existe uma infraestrutura para interconexão à rede cabeada. Ou seja, o sinal que é distribuído pode derivar de um meio guiado de transmissão, como de um meio de transmissão via cabo coaxial ou fibra óptica

([TANENBAUM; WETHERALL, 2011](#)). Existem várias tecnologias de comunicação sem fio, dentre elas a que mais se destaca é o Wi-Fi ([EMBARCADOS, 2021](#)).

### 2.2.2.1 Wi-Fi

A abreviação Wi-Fi de *Wireless Fidelity* é referente ao padrão de comunicação IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) 802.11 para WLANs. São utilizadas ondas de rádio para fornecer conexões de rede e Internet sem fio em alta velocidade com base nos padrões IEEE 802.11 através de uma rede Wi-Fi. Essa tecnologia garante uma maior taxa de transmissão, segurança e alcance se comparada com as tecnologias sem fio padrão, tal como Bluetooth e NFC (*Near Field Communication*). ([EMBARCADOS, 2021](#)).

O Wi-Fi permite que os equipamentos eletrônicos conectados na rede troquem dados ou fiquem online utilizando bandas de rádio de 5 GHz SHF (*Super High Frequency*) ISM (*Industrial Scientific Medical*) e 2,4 GHz UHF (*Ultra High Frequency*). Grande parte dos dispositivos da atualidade possuem interfaces Wi-Fi integradas, tal como computadores pessoais, *smartphones*, consoles de videogame, televisores, etc. Para se conectar em uma rede Wi-Fi são utilizados *access points* (pontos de acessos), os quais possuem um alcance de aproximadamente 20 metros em ambientes internos e um alcance maior em ambientes externos. Os sinais de rádio transmitidos são chaves que tornam possível a rede sem fio. Os receptores (*smartphones* ou *laptops*) captam estes sinais de rádio transmitidos por antenas Wi-Fi. ([EMBARCADOS, 2021](#)).

O primeiro padrão lançado para redes sem fio foi o IEEE 802.11, o qual trabalhava em velocidades entre 1 Mbps e 2 Mbps, numa frequência ISM de 2,4 GHz. Em julho de 1998 foi criado o padrão IEEE 802.11b, o qual trabalhava com DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) em que permitia uma banda de velocidade de até 11 Mbps. Ele foi aprovado juntamente com o padrão IEEE 802.11a em setembro de 1999. O padrão IEEE 802.11a conseguia operar numa faixa de até 54 Mbps. Diferentemente do padrão IEEE 802.11b, ele não trabalhava com o *Spread Spectrum*, e sim com o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), o qual é considerado outra técnica de modulação mais eficiente e permitia maiores velocidades de transmissão. Além disso, o padrão IEEE 802.11a permitia trabalhar na faixa de frequência de 5 GHz. Entretanto, como a frequência é maior e trabalha no mesmo nível de potência de um dispositivo 802.11b, o alcance acaba sendo 50% menor, além de um maior consumo de energia. O padrão IEEE 802.11g é considerado uma extensão do IEEE 802.11b. Ele trabalha na mesma faixa de frequência, com a diferença que o padrão IEEE 802.11g usa o OFDM, logo ele consegue chegar numa velocidade de 54 Mbps com o mesmo alcance do IEEE 802.11b ([MORAES, 2020](#)).

Com a necessidade de atender à demanda de redes sem fio de alta velocidade para sistemas de TV de alta definição, surgiu o padrão IEEE 802.11n. Ele opera nas faixas de frequência ISM, pois são de baixa frequência e logo dentro dessa faixa não há necessidade de licença para transmitir os sinais de radiofrequência. Além disso, ele utiliza a tecnologia MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), ou seja, consegue realizar o uso simultâneo de múltiplas antenas de transmissão e recepção. A taxa de transmissão pode chegar em até 300 Mbps ([MORAES, 2020](#)).

Em 2013 foi publicado o padrão IEEE 802.11ac, com o objetivo de estabelecer velocidades de 1 Gbps utilizando até 8 canais MIMO e modulação 256-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Ele utiliza um conjunto de protocolos de transmissão de sinais *wireless* na banda de 5 GHz ([MORAES, 2020](#)).

Existem também outros padrões, tais como o IEEE 802.11ax, IEEE 802.11af, IEEE 802.11ad. O padrão IEEE 802.11ax permite velocidades maiores nas frequências 2.4 GHz, 5 GHz e 6 GHz. O padrão IEEE 802.11af opera em frequências de UHF entre 54 MHz e 790 MHz.



Por fim, o padrão IEEE 802.11ad trabalha numa faixa de frequência de 60 GHz, alcançando uma taxa de transmissão de até 8 Gbps em distâncias de até 10 metros ([MORAES, 2020](#)).

### 2.3 Medidas para análise de redes

Existem diferentes medidas que são utilizadas para medir a qualidade da Internet. Dentre elas, as que mais se destacam são: a taxa de transmissão de dados de *download*, taxa de transmissão de dados de *upload*, latência e *jitter* ([FOROUZAN; MOSHARRAF, 2013](#)). Além disso, para realizar uma análise de dados, existem conceitos em estatística bastante relevantes para serem trabalhados, tais como: a média, mediana, moda e desvio padrão ([SPIEGEL; STEPHENS, 2009](#)).

#### 2.3.1 Taxa de *download* e *upload*

A taxa de transmissão de dados de *download* é uma medida utilizada para verificar a quantidade de dados que um cliente estaria recebendo do servidor. Por outro lado, a taxa de transmissão de dados de *upload* é usada para analisar a quantidade de dados que um cliente consegue enviar ao servidor. A medida mais utilizada para medir ambas as taxas é a Megabits por segundo (ou Mbps). No entanto, com a crescente evolução dos meios de comunicação, pode ser que a métrica Gigabits por segundo (ou Gbps) possa vir a substituir a atual métrica mais utilizada ([JOE SUPAN, 2023](#)).

As taxas de transmissão de dados de ambos os tipos podem ser medidas de forma instantânea ou em média. A taxa de transmissão instantânea é caracterizada como a taxa que é literalmente transmitida no exato instante de tempo. Um exemplo desse tipo de medição pode ser feito pelo próprio gerenciador de tarefas de um dispositivo com o sistema operacional Windows, ou também pela medição de taxa de transferência de um arquivo que no atual momento está sendo baixado de um servidor. Diferentemente, a taxa de transmissão média se trata da média de um conjunto  $n_t$  de amostras de taxa de transmissão instantâneas feitas durante um breve ou longo período de tempo. Esta medida pode ser usada por sites que medem a velocidade da Internet, onde é calculado a média da velocidade instantânea de *download* e *upload* ([SOLINTEL, 2019](#)).

As taxas de velocidade média e instantânea são consideradas importantes parâmetros de referência, pois a resolução nº 717/2019 da Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) ([GOV.BR, 2019a](#)) regulamenta sobre a gestão da qualidade do serviço de comunicação multi-mídia, e entre essas regulamentações há um percentual fixo mínimo relacionado à garantia de banda, que os provedores de Internet devem cumprir: entregar pelo menos 80% para a taxa de transmissão média e pelo menos 40% para a taxa de transmissão instantânea ([GOV.BR, 2019b](#)).

#### 2.3.2 Latência

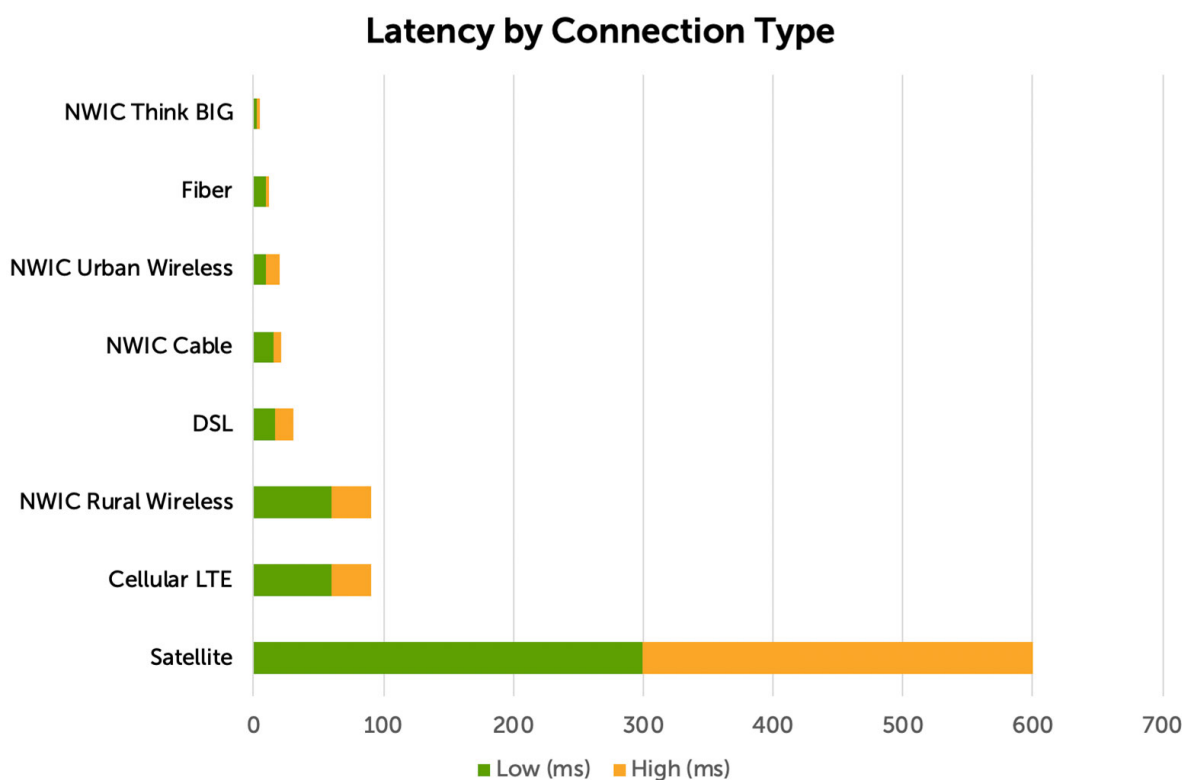
A latência nos meios de comunicação é definida como o tempo de resposta para que um pacote de dados viaje entre uma máquina para outra, ou seja, representa o tempo de ida e volta de um pacote entre dois pontos de uma rede. Ela é conhecida popularmente pelo termo *ping* (*Packet Internet Network Groper*). O termo *ping* faz referência ao comando baseado no protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol*), que está disponível na maior parte dos sistemas operacionais. Curiosamente, o termo também faz uma analogia ao jogo *ping-pong*, simbolizando a ida (*ping*) e volta (*pong*) do pacote. Desta forma, o teste com o comando *ping* é baseado em duas mensagens, uma de ida e outra de volta. Portanto, quando um teste é

realizado, além do comando verificar se há uma conexão entre os dois pontos de rede, poderá também medir o tempo de ida e volta dos bytes enviados e recebidos ([TELCOMANAGER, 2022](#)).

Dependendo da tecnologia utilizada e da distância entre as duas máquinas, a latência pode ser muito alta, o que pode prejudicar a experiência do usuário. Utilizando um meio de transmissão do tipo sem fio, a tendência é de que a latência seja mais elevada, pois pode haver interferências eletromagnéticas entre o ponto de acesso e o usuário, além de ter que considerar a distância entre os dois. Já transmissões em meios cabeados tendem a ter latências menores, pois não possuem os problemas enfrentados por conexões sem fio. A métrica utilizada para medi-lá é em milissegundos, ou ms. Quanto menor o seu valor, melhor será a conexão entre os dois pontos ([CONTROLE NET TECNOLOGIA LTDA, 2015](#)).

Na Figura 7, é possível observar o nível da latência (em ms) em diferentes tipos de tecnologias e meios de transmissão. Os termos *low* e *high* no gráfico indicam o que seria considerada como uma latência baixa e alta, respectivamente, em cada tipo de conexão. De forma geral, nas tecnologias que usam meios de transmissão guiados, como fibra óptica ou DSL (*Digital Subscriber Line*), o valor de latência é bem mais baixo se comparada aos meios de transmissão não guiados. Em tecnologias como Internet rural sem fio, Internet móvel ou via satélite, o valor da latência aumenta de forma considerável.

Figura 7 – Latências em diferentes meios de transmissão



Fonte: ([NWIC, 2020](#))

### 2.3.3 Jitter

O *jitter* no contexto de redes de computadores pode ser definido como uma média de variação do atraso médio de pacotes enviados entre uma máquina e outra. De modo similar à



latência, quanto menor for o valor do *jitter*, melhor será a conexão entre os dois pontos de conexão (COULORIS et al., 2013).

O *jitter* é essencial para dados multimídia, pois se pacotes consecutivos de dados de áudio são reproduzidos com diferentes intervalos de tempo, o som resultante será muito distorcido (COULORIS et al., 2013). O *jitter* também afeta também aplicativos sensíveis à latência, e pode prejudicar a experiência final do usuário. Ele pode introduzir inconsistências na rede, as quais podem influenciar na qualidade de comunicação e na velocidade de transferência de dados entre duas máquinas. De modo prático, pode afetar videoconferências, chamada VoIP (*Voice over Internet Protocol*), *streaming*, jogos online, etc. (PCWDLD, 2023).

Seu valor pode ser calculado por meio de um número  $n_l$  de amostras de latência. Por exemplo, é dado um conjunto de amostras de 5 latências (em ms)  $C = \{5, 23, 12, 17, 38\}$ . Para o conjunto, é feita a diferença entre um valor de latência e o outro e calculado seu módulo, de forma sequencial, resultando em  $B = \{|23 - 5|, |12 - 23|, |17 - 12|, |38 - 17|\}$ . Com isso, se obtém  $B = \{17, 11, 5, 21\}$ . É feita a soma desses números e divide-se pelo valor  $n_l - 1$  para se calcular o resultado final do *jitter*, que neste caso será de 13,5 ms (PCWDLD, 2023).

### 2.3.4 Média, mediana, moda e desvio padrão

A média aritmética, ou simplesmente média, corresponde a um resumo de um conjunto  $n$  de números  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ , representada por  $\bar{x}$ , sendo calculada pela Equação (1) (SPIEGEL; STEPHENS, 2009).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

A mediana é também um valor que representa um resumo de um conjunto numérico ordenado, localizado na parte central do conjunto. Se o número do conjunto de elementos for ímpar, a mediana será o valor central do conjunto. Caso o número de elementos do conjunto for par, a mediana é a média aritmética dos dois valores centrais do conjunto. Por exemplo, para o conjunto  $\{1, 3, 6, 7, 8, 11, 15\}$  a mediana é o valor 7, enquanto para o conjunto  $\{2, 4, 5, 9, 11, 13, 18, 20\}$  a mediana será o valor 10, resultante de  $\frac{9+11}{2}$  (SPIEGEL; STEPHENS, 2009).

A moda é o valor de um conjunto numérico que ocorre com mais frequência. A moda pode ou não existir. Caso ela exista, pode ser única, sendo chamada de unimodal. Quando existirem dois valores que ocorreram mais vezes se comparados aos outros números do conjunto e possuírem o mesmo número de ocorrências é chamado de bimodal. Por exemplo, o conjunto  $\{1, 4, 5, 7, 9, 12, 18\}$  não possui moda, enquanto o conjunto  $\{1, 3, 3, 6, 7, 8, 11, 15\}$  possui moda igual a 3 (unimodal) e o conjunto  $\{2, 4, 6, 6, 7, 8, 12, 12, 16\}$  possui duas modas, 6 e 12, considerado bimodal (SPIEGEL; STEPHENS, 2009).

O desvio padrão representa a variabilidade de um conjunto de  $n$  números  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ , indicado por  $S$  e definido pela Equação (2), no qual  $\bar{x}$  é a média estimada do conjunto (SPIEGEL; STEPHENS, 2009).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

### 2.4 Medidores de velocidade

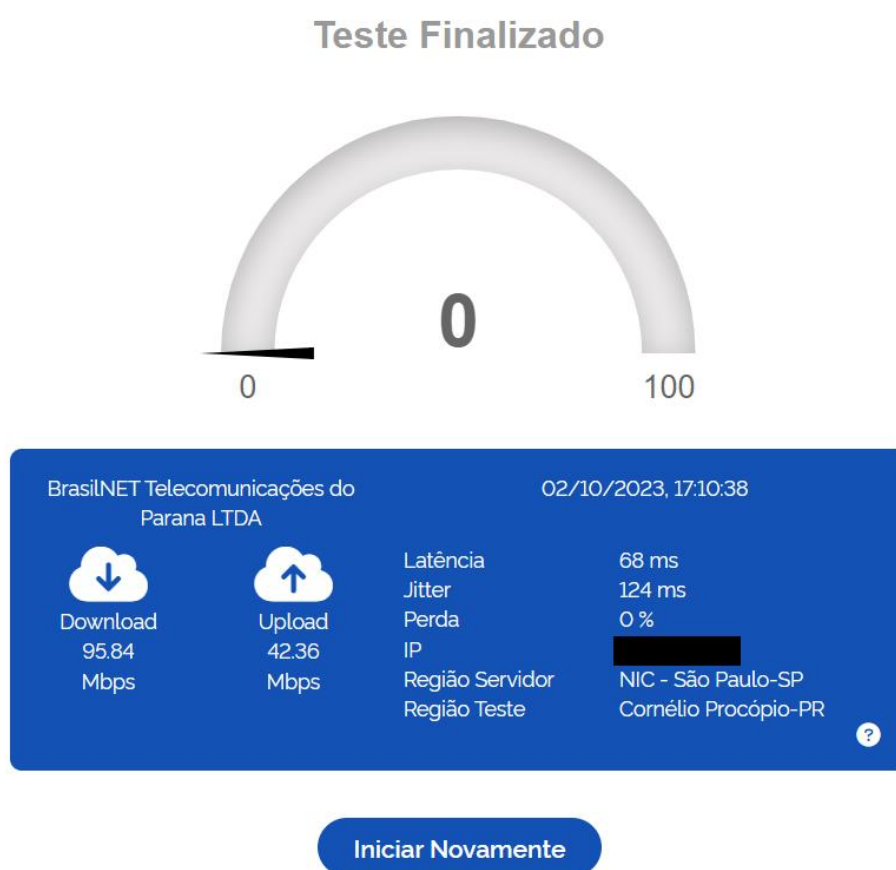
Um medidor de velocidade, dentro do contexto de redes de computadores, é uma ferramenta utilizada para avaliar a qualidade de conexão à Internet. Ela mede as taxas médias de

transmissão de *download* e *upload* do usuário, e também pode medir outros fatores, tais como a latência, *jitter* e perda de pacote. Geralmente, sua utilização tem como objetivo descobrir se a velocidade recebida pelo provedor está condizente com o contrato pela operadora ([MINHA CONEXÃO](#), 2022).

#### 2.4.1 EAQ

Existem vários tipos de velocímetros para teste de *Internet*, dentre os quais muitos em formato *web*, como o EAQ. O EAQ, regulado pela Anatel, permite que o usuário faça testes simultâneos, dos quais são medidas as velocidades de *download* e *upload*, além da latência, do *jitter* e da perda de pacote. Nele são mostrados os resultados, como também a região do servidor e o local onde o teste foi realizado, como é possível observar na Figura 8 ([ESAQ](#), 2023).

Figura 8 – Resultado de um teste no site EAQ



Fonte: ([ESAQ](#), 2023)

#### 2.4.2 Speedtest.net

Há também o velocímetro denominado *Speedtest*, um medidor bastante popular da empresa *Ookla*. No site é possível escolher entre diferentes servidores espalhados pelo mundo. No teste, são medidas as velocidades de *download* e *upload*, assim como a latência. No caso do

usuário possuir uma conta no site, os resultados são armazenados em uma tabela de histórico com os resultados ([OOKLA, LLC., A ZIFF DAVIS COMPANY, 2023](#)).

A empresa *Ookla*, fundada em 2006 em *Seattle*, vem trabalhando no desenvolvimento de seu site, com a finalidade de sempre aprimorar seu medidor de testes. Desde seu lançamento, mais de 40 bilhões de testes já foram realizados. Dado o número de testes já feitos, o número de usuários desse site pode ser extremamente alto, apesar de não ser comparável a sites famosos, como o Google ou Youtube. A desenvolvedora utiliza os dados de testes armazenados para a formação de estatísticas de velocidade para cada país, incluindo velocidades de banda da Internet fixa e a de redes móveis ([OOKLA, LLC., A ZIFF DAVIS COMPANY, 2023](#)).

## 2.5 Trabalhos Relacionados

[Melnik et al. \(2022\)](#) abordam questões sobre como utilizar os dados coletados por meio de testes de Internet. É utilizado o medidor *Speedtest*, popularmente conhecido no mundo. São discutidas as vantagens e desvantagens do *Speedtest*, os métodos que medem a velocidade de forma ativa e passiva, além de ferramentas baseadas em *software* e *hardware*. Além disso, é citado sobre a taxa de velocidade média, que é definida tendo o valor da velocidade alcançada dividida pela velocidade contratada. De forma geral, o trabalho aborda questões mais teóricas com relação à plataforma utilizada, portanto, não há uma análise quantitativa ou testes empíricos realizados. O trabalho conclui que deve ser utilizados critérios para a aplicação dos testes, tal como fornecer condições adequadas no ambiente quando o teste for efetuado, cada serviço de comunicação deve usar seus próprios critérios de avaliação a partir dos resultados obtidos e também de uma metodologia unificada para determinar a taxa de transferência de dados.

[Costa \(2022\)](#) discorre sobre o uso da tecnologia de comunicação de dados PLC (*Power Line Communications*), que consiste na transmissão de dados via rede elétrica. Além disso, também aborda sobre o repetidor de Wi-Fi, que literalmente repete o sinal de uma rede Wi-Fi em que ele esteja configurado. O trabalho mostrou as características de ambos os tipos de métodos de transmissão. Os testes de conexão foram feitos em uma rede local, comparando a PLC com o repetidor de Wi-Fi, com o objetivo de descobrir qual delas possui uma melhor extensão para redes locais sem fio. Foram utilizados os softwares *SpeedTest Master Pro* e *Wi-Fi Analyzer*. Neste trabalho, foram utilizadas as medidas *Jitter* e perda de pacote, sendo esta última definida como pacotes perdidos quando estão em um processo de troca de pacotes. De forma geral, a PLC se sobressaiu melhor que o repetidor de Wi-Fi. Contudo, como esta tecnologia é pouca difundida no Brasil, poucas empresas acabam oferecendo produtos com essa tecnologia interna, o que a torna cara e pouco atraente ao consumidor.

[Paul et al. \(2022\)](#) ressaltam a importância e necessidade de contextualizar as medidas de teste de velocidade. Foram comparados testes obtidos de 4 grandes cidades dos EUA, mas que não foram especificadas quais eram. Foram utilizados como base dados coletados do *Speedtest* e *M-Lab's Speed Test* no período de janeiro a dezembro do ano de 2021. No artigo são descritos os tipos de dados que cada plataforma armazena, como a taxa de transmissão de *download*, *upload*, os valores de latência, *jitter*, perda de pacote, além do protocolo que é utilizado na realização destes testes. Também são apresentados os desafios para atingir dados precisos sobre os testes. Porém, não há como saber se os testes realizados foram feitos em uma rede Wi-Fi ou cabeada, se o sinal do Wi-Fi estaria tendo interferências do ambiente ao redor, além de não possuir um *dataset* sobre os planos de velocidade dos usuários.

[Paul et al. \(2021\)](#) trazem uma abordagem sobre a desigualdade na velocidade de Internet dos usuários dos EUA, demonstrada a partir de testes coletados na plataforma do *Speedtest*. Seu trabalho mostra a diferença entre residentes da zona rural e da zona urbana, além de uma diferença exorbitante entre residentes de alta e baixa renda em 27 estados. O

trabalho trata de dados coletados entre o ano de 2020 e a primeira metade de 2021. Foi constatado que, durante a pandemia do Coronavírus Sars-cov 19, o uso do tráfego de dados aumentou significativamente. De maneira geral, os estados mais desenvolvidos tiveram uma média maior em suas velocidades de *download* e *upload*, enquanto os estados com menor índice de desenvolvimento tiveram um desempenho inferior.

O trabalho de [Saxon e Black \(2022\)](#), de forma similar ao de [Paul et al. \(2021\)](#), também apresentam uma abordagem sobre a desigualdade de Internet entre os usuários que moram em regiões urbanas e rurais. Os usuários de regiões da zona rural podem obter velocidades abaixo de 24% da média nacional, e 48% abaixo da média de regiões metropolitanas. No artigo também é relatado sobre as possíveis imprecisões dos dados, pois quando um usuário inicia um teste no medidor *Speedtest (Ookla)* ele automaticamente pega por padrão o melhor servidor disponível na menor distância possível, o que pode resultar numa velocidade superior se comparado aos *links* que geralmente são usados no cotidiano.

Cada trabalho mencionado, apesar de estarem correlacionados com o mesmo tema, tem um objetivo específico. Com isso, foi definida a Tabela 1, selecionando apenas os trabalhos com análises quantitativas dos testes de velocidade, com a finalidade de compará-los. Nela foram consideradas as medidas utilizadas por cada um, os meios de transmissão utilizados nos testes e os locais em que foram delimitados os testes.

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados

Trabalhos	Medidas	Meios de transmissão	Local
<a href="#">Costa (2022)</a>	<i>Jitter</i> e perda de pacote	PLC e repetidor de Wi-Fi	Niterói – RJ, Brasil
<a href="#">Paul et al. (2022)</a>	Taxa de <i>download</i> e <i>upload</i>	Não informado	EUA
<a href="#">Paul et al. (2021)</a>	Taxa de <i>download</i> e <i>upload</i> e latência	Não informado	EUA, subdividindo em rede urbana e rede rural
<a href="#">Saxon e Black (2022)</a>	Taxa de <i>download</i> e <i>upload</i> e latência	Não informado	Chicago, EUA
Este trabalho	Taxa de <i>download</i> e <i>upload</i> , latência e <i>jitter</i>	Par trançado Ethernet (cabos CAT5e e CAT6) e Wi-Fi	Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Cornélio Procopio

Fonte: Autoria própria

Como foi possível observar, as medidas taxa de *download* e *upload* foram utilizadas em todos os trabalhos, o que enfatiza sua importância na análise da qualidade das redes. A latência foi especificada na maioria deles, embora sua ênfase foi considerada baixa na maioria dos trabalhos. O *jitter* foi especificado apenas no trabalho de [Costa \(2022\)](#), que apresenta os resultados do *jitter* nos diferentes meios de transmissão testados, além de especificar a medida de perda de pacote.

Na maior parte dos trabalhos não foram informados sobre quais eram os meios de transmissão utilizados. Isto possivelmente decorre do fato de que os testes analisados foram obtidos por meio de uma base de dados dos sites medidores de velocidade de Internet, portanto não há como saber exatamente em qual meio de transmissão os testes foram realizados.

Os locais se distinguem entre 2 países diferentes: Brasil e Estados Unidos. No Brasil, os testes foram realizados pela própria autora, com o intuito de comparar os resultados de testes feitos em rede PLC com a rede de repetidor de Wi-Fi, de forma a descobrir qual é a melhor extensão para redes locais sem fio ([COSTA, 2022](#)). Já no trabalho de [Paul et al. \(2021\)](#), os testes foram divididos em testes na rede urbana e testes na rede rural, com o intuito de comparar a velocidade de banda entre ambas localidades. Os testes na rede urbana tiveram melhores resultados em todas as medidas utilizadas. No trabalho de [Saxon e Black \(2022\)](#) foram comparados resultados de testes entre usuários de diferentes faixas de renda, de modo a medir a desigualdade da velocidade de Internet na cidade de Chicago.

Na análise realizada na UTFPR, foram feitos testes coletando os dados de taxa de transmissão de *download* e *upload*, latência e *jitter*. Os meios de transmissão dos testes foram realizados em meios cabeados (por meio de cabos CAT5e e CAT6) e por meios de transmissão sem fio (Wi-Fi), de modo com que fosse possível ter comparado se há uma alta discrepância nos resultados entre esses dois meios de transmissão. O principal foco do trabalho é analisar a rede de acesso interna de conexão à Internet da UTFPR no campus de Cornélio Procópio. No entanto, os resultados da análise podem ser comparados com outras redes.

### 3 DESENVOLVIMENTO

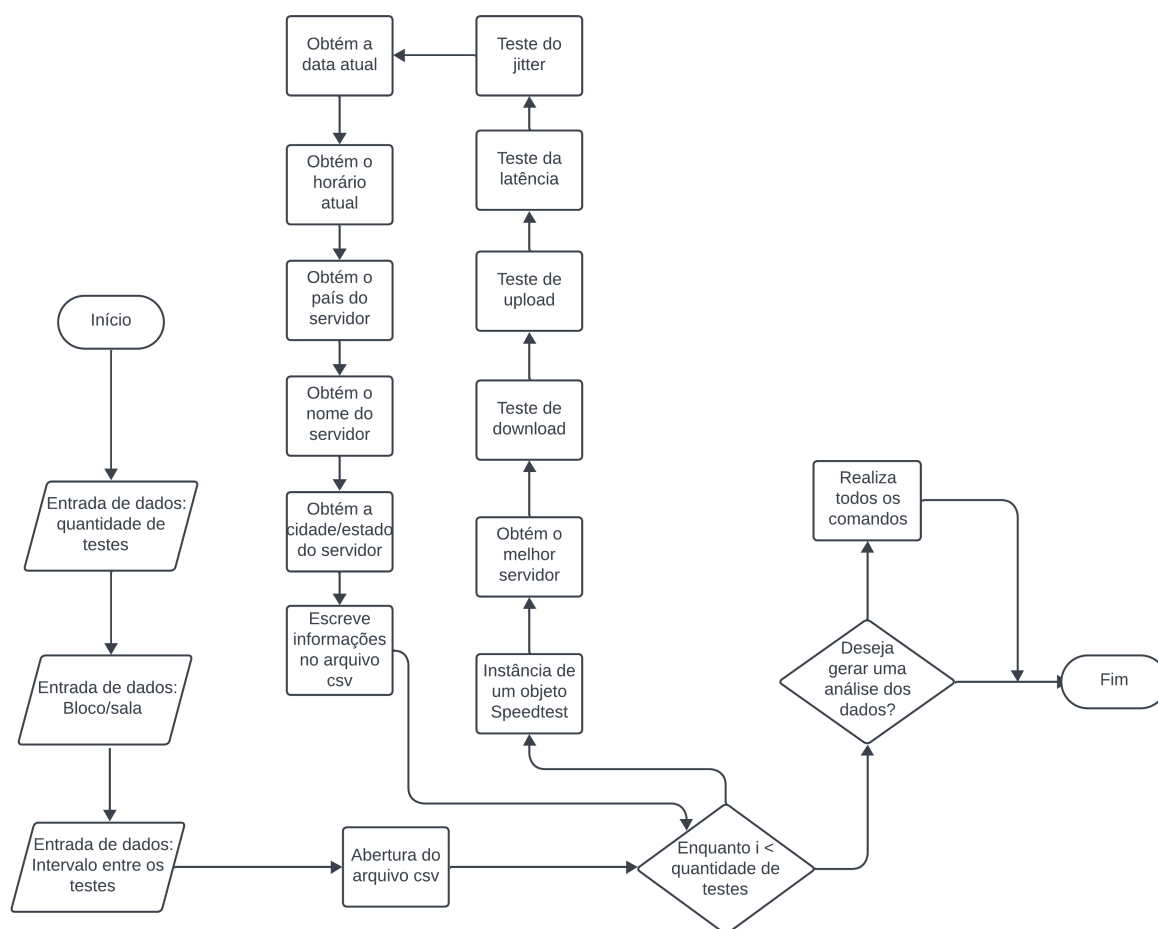
O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise acerca da rede de acesso local de conexão à Internet da UTFPR do campus de Cornélio Procopio, com o auxílio da linguagem *Python*, já que esta possui várias bibliotecas que auxiliam na análise de dados. Portanto, a análise foi feita a partir da coleta de dados de testes realizados em diferentes salas de diferentes blocos. Os testes foram feitos, aproximadamente, às 16:00 no período vespertino e às 19:30 no período noturno, horários em que há maior concentração de alunos no campus. Para analisar os dados coletados dos testes, inicialmente foi desenvolvido um *script* em *Python*, com o qual o usuário pode realizar uma série de testes, resultando na geração de gráficos e análises de acordo com o critério do usuário. Além disso, foi possível armazenar os dados obtidos pelos testes em um arquivo CSV (*Comma-separated values*), que consiste em um arquivo de texto, com elementos separados por vírgulas, de modo que possibilite transformar os dados em uma tabela de forma mais fácil através de ferramentas de análise de dados.

A construção do *script* teve como base o fluxograma indicado pela Figura 9. Inicialmente, foi essencial definir a quantidade de testes a serem realizados e o intervalo entre eles. Posteriormente, foi necessário preencher com informações específicas, tais como: o bloco e sala onde foram realizados os testes, o tipo de meio de transmissão em que o teste foi feito (cabado ou por Wi-Fi).

Inicialmente, o planejado seria a utilização de apenas um único *script*. Contudo, de modo a diminuir a complexidade do trabalho, foi necessário dividir o *script* inicial em 3 *scripts* diferentes. Portanto, para analisar os dados coletados dos testes, foram desenvolvidos 3 *scripts* em *Python*: *rede.py*, para realizar a coleta de dados; *join.py*, responsável pela junção dos dados; e *analise.ipynb*, para a análise dos dados e geração de gráficos e tabelas. Com o primeiro *script* o usuário pode realizar uma série de testes, resultando na geração de gráficos e análises de acordo com o critério do usuário. Além disso, foi possível armazenar os dados obtidos pelos testes em um arquivo CSV (*Comma-Separated Values*), que consiste em um arquivo de texto, com elementos separados por vírgulas, de modo que possibilite transformar os dados em uma tabela de forma mais fácil através de ferramentas de análise de dados.

Após terem sido dadas as entradas com as informações, foi criado um arquivo do tipo CSV, onde será salvo todas as informações que serão coletadas referentes aos testes feitos. Como os dados serão utilizados para análise posteriormente, é necessário salvá-los de alguma forma. Se tratando de um trabalho particular, não houve necessidade de salvá-los em um servidor de banco de dados, embora isto poderia ser feito. Após isso, o programa entrara em um *loop* para a execução dos testes, saindo somente quando o número de testes indicado pelo usuário for alcançado. Nesta parte, foram executados os testes de taxa de transmissão de *download* e *upload*, latência e o *jitter*. Sequencialmente foram obtidos a data e o horário em que o teste foi realizado, além de informações adicionais, tais como o nome do servidor em que o teste foi realizado, o país e a cidade em que o mesmo se encontra. No final de cada *loop*, todas estas informações serão adicionadas a uma nova linha no arquivo CSV. Este processo será repetido até que o total de quantidade de testes seja atingido.

Após sair do *loop* dos testes, inicialmente o programa entraria em uma condição, onde seria perguntado ao usuário se ele desejaria realizar uma análise geral dos dados coletados. No caso positivo, seriam gerados gráficos e estatísticas para a análise dos testes. No caso negativo, o programa simplesmente se encerraria. Contudo, esta parte do *script* foi retirada, por conta da adição dos *scripts* *join.py* e *analise.ipynb*, responsáveis pela junção e análise de dados, respectivamente, com o intuito de facilitar a manipulação dos dados coletados, que

Figura 9 – Fluxograma inicial do *script*

Fonte: Autoria própria

serão vistos em detalhes nas próximas seções.

Apesar do foco dos *scripts* serem a análise dos blocos da UTFPR, também será possível utilizá-lo no monitoramento de outros tipos de redes de acesso, como domésticas ou móveis, realizando modificações necessárias nos *scripts*.

### 3.1 Coleta dos dados

Inicialmente foi realizado o desenvolvimento do *script rede.py* da coleta de dados. Para esta parte, foram necessárias as seguintes bibliotecas: *speedtest*, *datetime*, *csv*, *pandas* e *os*, como é possível perceber pelo Algoritmo 1.

Algoritmo 1 – Importações das principais bibliotecas que são necessárias para o funcionamento do *script* para a funcionalidade de leitura dos dados

```

import speedtest
from datetime import datetime
from requests import get
import csv
import os

```



A biblioteca *Speedtest* foi criada com o objetivo de tornar possível o uso terceirizado do *website* Speedtest.net para realizar testes de Internet em um programa qualquer da linguagem *Python*. Com ela, é possível fazer tantos testes quanto desejável, obtendo os valores de velocidade de *download* e *upload* e de latência do cliente em relação ao servidor em que o teste foi realizado. Além disso, é possível obter informações sobre o servidor, tais como: o nome do servidor, a cidade onde está localizada, o país onde está localizado e a latitude e longitude de onde o mesmo está situado (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2021). A biblioteca *speedtest* foi essencial para o funcionamento do *script*. Com ela, foi possível realizar os testes de taxa de transmissão de *download*, taxa de transmissão de *upload* e a latência. De forma indireta, também foi responsável por calcular o *jitter*.

A biblioteca *Datetime* tem como o objetivo obter o horário e a data da máquina onde está sendo executado o *script* em *Python* (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2023). Ela é necessária, pois a biblioteca *Speedtest* não informa dados temporais, tal como a data e o horário em que um teste foi realizado. Logo, é através dela que foram obtidos os dados referentes ao horário e dia em que os testes foram realizados.

A biblioteca *csv* foi utilizada neste *script* para realizar a criação de um arquivo do tipo CSV para o armazenamento dos resultados obtidos da coleta dos testes de velocidade. Por fim, a importação da biblioteca *os* é para utilização do comando *CLS* do sistema operacional Windows, com o intuito de que a cada teste finalizado a tela do prompt de comando seja limpa, de modo a melhorar o acompanhamento da tela para o usuário.

Esta parte, referente a leitura de dados, foi desenvolvida com base no fluxograma apresentado na Figura 9. O programa inicialmente pede que o usuário insira dados referentes aos dados coletados, tais como: a quantidade de testes a serem realizados, o bloco, a sala e o meio de transmissão em que a série de testes está sendo realizada, de acordo com o Algoritmo 2.

Algoritmo 2 – Entrada de dados pelo usuário, que são necessários para a inicialização da série de testes do trabalho

```
qtd = int(input("Digite a quantidade de testes a serem
realizados: "));
bloco = str(input("Digite o bloco em que o teste esta sendo
realizado: "));
sala = str(input("Digite a sala em que o teste sera realizado
: "));
transmissao = int(input("0 teste e via transmissao Ethernet
(1) ou Wi-Fi (2)? "));

if transmissao == 1:
    transmissao = 'Ethernet';
elif transmissao == 2:
    transmissao = 'Wi-Fi';

archive_name = "Bloco" + bloco + "_Sala" + sala + "_" +
    transmissao;
```

Logo em seguida, no Algoritmo 3, é feita a criação de um arquivo do tipo CSV com as respectivas informações fornecidas pelo usuário. O arquivo é configurado para ser utilizado o separador vírgula, e na primeira linha do mesmo são inseridas as seguintes informações: data, horário, horário e data, *download*, *upload*, latência, *jitter*, servidor, local, cidade e estado, latitude, longitude, IP cliente, bloco, transmissão, sala.



Algoritmo 3 – Criação do arquivo, especificando o delimitador a ser utilizado na separação das informações as respectivas informações que serão coletadas durante os testes a serem realizados

```
with open(f"{archive_name}.csv", 'w') as csvfile:
    spamwriter = csv.writer(csvfile, delimiter=',')
    spamwriter.writerow(['Data'] + ['Horario'] + ['Horario e
        Data'] + ['Download'] +
        ['Upload'] + ['Latencia'] + ['Jitter']
        + ['Servidor'] +
        ['Local'] + ['Cidade e Estado'] + ['
            Latitude'] + ['Longitude'] +
        ['IP Cliente'] + ['Bloco'] + ['
            Transmissao'] + ['Sala'])
```

A partir deste ponto, o *script* entra num *loop*, em que sua condição de parada é determinada pelo número da quantidade de testes indicado pelo usuário no começo do programa, tal como é possível perceber no Algoritmo 4. Dentro dele é declarado um objeto nomeado como teste, que recebe a função do *speedtest*. A partir dele serão feitas várias operações para a realização das etapas dos testes. Primeiramente, são obtidos os servidores disponíveis para a realização dos testes. Em seguida, é escolhido o melhor servidor, baseado na distância e na qualidade de conexão entre o cliente e o servidor. A partir deste momento, os seguintes testes são iniciados: taxa de transmissão de *download*, taxa de transmissão de *upload*, latência e o *jitter*. Com exceção do *jitter*, todas as outras medidas possuem funções prontas para execução no objeto teste. Os resultados da taxa de transmissão de *download* e *upload* são obtidos na medida de bps (bits por segundo). Portanto, eles são multiplicados por  $10^{-6}$ , para que sejam armazenados na medida de Mbps.

Algoritmo 4 – Parte inicial do *loop* de testes, onde será selecionado o servidor a ser efetuado o teste e, em seguida, serão realizados os testes das taxas de transmissão de *download* e *upload*, latência e *jitter*

```
for i in range(0, qtd):
    print(f"\n Teste: {i + 1}")
    teste = speedtest.Speedtest(secure = True);
    print("\nCarregando a lista de servidores...");
    teste.get_servers();
    print("\nEscolhendo o melhor servidor...");
    melhor_servidor = teste.get_best_server();
    print(f"\nMelhor servidor: {melhor_servidor['host']}
        localizado em {melhor_servidor['country']}\n");

    print('\nRealizando o teste de download...');
    velocidade_download = round(teste.download(threads=None)
        *(10**-6))
    print('\nRealizando o teste de upload...');
    velocidade_upload = round(teste.upload(threads=None)
        *(10**-6));

    print('\nTestando a latencia (latencia)...');
    latencia_resultado = round(teste.results.ping);
```

```
print('\nCalculando o Jitter...');
jitter_resultado = str(round(testa_Jitter(), 2));
```

Como a biblioteca do *speedtest* não disponibiliza uma função para a execução do teste de *jitter*, foi necessária criar um método que atuasse com essa funcionalidade, como é possível observar no Algoritmo 5. Inicialmente são criadas duas variáveis, denominadas como *latenciaResult* e *varJitterResult*, onde serão armazenados os resultados da latências e a variações sequenciais entre estes resultados, respectivamente. Após isso, o *script* entra num *loop* onde são feitos 5 testes de latência, e ao final de cada teste (a partir do 2º teste feito) é medida a amplitude entre um teste e outro, resultando em 4 valores, os quais são armazenados no vetor *varJitterResult*. Após sair do *loop*, é feita a soma aritmética destes 4 valores e dividido por 4, resultando, por fim, no valor final do *jitter* do respectivo teste.

Algoritmo 5 – Função para realizar o cálculo manualmente do *jitter*.

```
def testa_Jitter():
    latencia_result = [0,0,0,0,0];
    jitter_result = [0,0,0,0];
    for c in range(0, 5):
        if(c == 0):
            test = speedtest.Speedtest(secure = True);
            best = test.get_best_server();
            print(f"Latencia {c + 1} : {test.results.ping} ms");
            latencia_result[c] = test.results.ping;
        else:
            best = test.get_best_server();
            print(f"Latencia {c + 1} : {test.results.ping} ms");
            latencia_result[c] = test.results.ping;
            jitter_result[c - 1] = abs(latencia_result[c] -
                                      latencia_result[c - 1]);
    jitter_final = (sum(jitter_result))/4;
```

Após terem sido realizados os 4 testes, são obtidos os demais dados relevantes, como é possível observar no Algoritmo 6, tais como: a data, horário, local, servidor, cidade e/ou estado, latitude e longitude de onde o teste foi realizado. A biblioteca *datetime* é essencial para capturar os dados relacionados a hora e data do teste realizado. Por fim, todos estes dados são inseridos no arquivo CSV que foi criado a partir da operação *with open*, e, quando o ciclo de testes terminar, o programa é finalizado e o arquivo criado finalmente é atualizado com todos os dados obtidos.

Algoritmo 6 – Continuação do *loop* de testes, onde serão capturadas informações relevantes sobre os testes que foram realizados, e em seguida serão gravadas em uma nova linha no arquivo CSV criado

```
data_atual = datetime.now().strftime('%d/%m/%Y');
hora_atual = datetime.now().strftime('%H:%M');
local = melhor_servidor['country']
servidor_atual = melhor_servidor['sponsor']
cidade_estado = melhor_servidor['name']
latitude = melhor_servidor['lat']
longitude = melhor_servidor['lon']
```

```

data_hora = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')

print(f"\nDownload: {velocidade_download} Mbps")
print(f"Upload: {velocidade_upload} Mbps")
print(f"latencia: {latencia_resultado} ms")
print(f"Jitter: {jitter_resultado} ms")
IP_Externo = get('https://api.ipify.org').text;
spamwriter.writerow([data_atual, hora_atual, data_hora,
                     velocidade_download,
                     velocidade_upload,
                     latencia_resultado,
                     jitter_resultado,
                     servidor_atual, local,
                     cidade_estado,
                     latitude, longitude, IP_Externo,
                     bloco,
                     transmissao, sala])

os.system("cls")

```

### 3.2 Junção dos dados

Após terem sido feitos os testes, foi realizado uma junção completa de todos os dados coletados em um único arquivo CSV, com o intuito de facilitar a análise dos dados. Foi criado o *script join.py*, o qual é responsável pela criação de um novo arquivo com a junção de todos os testes realizados em um mesmo arquivo. Nele, são importadas as bibliotecas *pandas* e *os*, como é possível observar no Algoritmo 7. A biblioteca *os* é responsável criar um caminho absoluto ao arquivo especificado.

*Pandas* é uma biblioteca de *Python* que começou a ser desenvolvida em 2008 por meio da empresa *AQR Capital Management* ([PANDAS VIA NUMFOCUS, INC, 2023](#)). No final de 2009, a biblioteca ficou disponível para o público como *open source*. Foi criada com o intuito de tornar mais simples a manipulação e análise de dados. A biblioteca permite a importação de vários tipos de arquivos de dados, tais como: csv, JSON (*JavaScript Object Notation*), Parquet, base de dados SQL (*Structured Query Language*) e arquivos derivados do *Microsoft Excel*. Os dados são trabalhados em um tipo de arquivo denominado *DataFrame*, que pode ser manipulado e refatorado da maneira que o usuário desejar. Seu uso para tratamento e limpeza de dados é bastante útil atualmente, pois possui vários comandos que auxiliam o analista de dados, tais como: remoção de linhas, remoção de colunas, renomeação de linhas e renomeação de colunas ([PANDAS VIA NUMFOCUS, INC, 2023](#)). Para o script, ela é responsável por fazer abertura dos arquivos de formato CSV, leitura destes arquivos, gravação deles e por fim a criação do arquivo final com os resultados reunidos.

Algoritmo 7 – *Script* da junção dos dados, onde é feito uma iteração sobre os arquivos que estão contidos os dados dos testes, e, em seguida, são adicionados em um novo arquivo onde estarão compilados todos os testes

```

import pandas as pd
import os

```

```

pasta = 'C:\\Users\\mathe\\OneDrive\\College\\9° Período\\TCC
        1\\Dados'

dfs = []

for arquivo in os.listdir(pasta):
    if arquivo.endswith('.csv'):
        df = pd.read_csv(os.path.join(pasta, arquivo),
                          delimiter=',')
        dfs.append(df)

data = pd.concat(dfs, ignore_index=True)

data.to_csv('C:\\Users\\mathe\\OneDrive\\College\\9° Período
            \\TCC 1\\Dados\\testecompleto.csv', index=False)

```

Inicialmente no *script* é declarada uma variável *pasta*, responsável por determinar em qual diretório estão localizados os arquivos CSV. Em seguida é declarada uma lista, que é utilizada para armazenar os *DataFrames* de cada arquivo. Após isso, o programa entra em um *loop* para iterar sobre todos os arquivos do diretório em que foi especificado. Caso o arquivo iterado da vez seja do tipo CSV, é criado um caminho absoluto, e, posteriormente, é feita a leitura deste arquivo e adicionado à lista de *DataFrames*. O ciclo termina quando se passa por todos os arquivos existentes no diretório. Por fim, todos são concatenados em um único *DataFrame*, o qual logo em seguida é salvo em um novo arquivo de tipo CSV.

### 3.3 Análise dos dados

A análise dos dados teve como maior foco a análise dos fatores do experimento: meio de transmissão, período e bloco. Inicialmente foi feito o *script analise.ipynb* em *Python*, desenvolvido na plataforma do *Google Colaboratory*, utilizando o formato de notebook.

Com o intuito de simplificar e facilitar o uso do *script*, ele foi dividido em células. A primeira célula é responsável por ler os dados coletados nos experimentos. No Algoritmo 8 são importadas as bibliotecas *pandas* e *matplotlib.pyplot*. A primeira será encarregada de ler o arquivo CSV que possui todos os dados do trabalho, tendo como separador a vírgula. Serão todos armazenados em um objeto nomeado como *data*. Através deste objeto serão extraídas as informações a serem analisadas.

*Matplotlib.pyplot* é uma extensão da biblioteca primordial *NumPy* e é utilizada para a construção de gráficos lineares, bidimensionais e tridimensionais, além de criação de histogramas e gráficos de dispersão. Diferentemente da biblioteca *Pandas*, que tem como objetivo o tratamento e refatoração dos dados, esta biblioteca tem o foco na construção de estatísticas através de dados que já estão tratados e refatorados ([THE MATPLOTLIB DEVELOPMENT TEAM, 2023](#)). No *script*, foi utilizada para a geração dos gráficos de barra para facilitar a observação dos resultados.

Algoritmo 8 – Importação das bibliotecas *pandas* e *matplotlib.pyplot*, essenciais para a análise de dados e geração de gráficos. O arquivo principal com todos os dados é armazenado na variável *data*

```

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

```

```
data = pd.read_csv('/content/TestesAmostras100.csv',
    delimiter=',')
```

Nas próximas subseções, é detalhado como o *script* foi construído para extrair a média e o desvio padrão dos experimentos.

### 3.3.1 Média dos experimentos

No Algoritmo 9 é inicializado a segunda célula do arquivo *analise.ipynb*. Primeiramente, é adicionada uma nova coluna que é utilizada para representar o período do dia. Os períodos foram separados em matutino, vespertino, noturno e madrugada. No entanto, no trabalho foram utilizados somente os períodos vespertino e noturno. O período vespertino foi configurado no horário entre 12:01 até às 18:00, enquanto o período noturno foi configurado entre 18:01 às 00:00. Logo, cada elemento da coluna período será classificado de acordo com o valor da coluna horário, conforme os intervalos especificados anteriormente. Em seguida, no objeto *grouped\_data* os dados são agrupados por meio do bloco, meio de transmissão e período do dia. Ele irá armazenar os valores calculados as médias das taxas de transmissão de *download* e *upload*, e também a média da latência e do *jitter*.

Algoritmo 9 – Segunda célula do *script analise.ipynb*, responsável pela separação e agrupamento dos dados.

```
data['Periodo'] = pd.cut(
    pd.to_datetime(data['Horario']).dt.hour,
    bins=[0, 6, 12, 18, 24],
    labels=['Madrugada', 'Matutino', '
    Vespertino', 'Noturno']
)

grouped_data = data.pivot_table(
    index=['Bloco', 'Transmissao', 'Periodo'],
    values=['Download', 'Upload', 'Latencia', '
    Jitter'],
    aggfunc='mean'
).reset_index()
```

No Algoritmo 10 o *script* entra em um laço *for*, de modo a percorrer todas as medidas trabalhadas no estudo. De forma sucinta, a cada laço percorrido será gerado um gráfico relacionado à medida e uma tabela com as informações do gráfico. No gráfico, são configurados os *labels* dos eixos x e y, além do título do gráfico e informações sobre o que se trata cada barra do gráfico. No final da célula, existe um outro *loop* interno responsável por inserir os dados das unidades de medidas nas tabelas, sendo Mbps para as taxas de transmissões de *download* e *upload* e ms para os tempos de resposta da latência e do *jitter*. Posteriormente ao *loop*, há uma condição para estabelecer se o gráfico é relacionado a uma taxa de transmissão ou a um tempo de resposta, necessário já que as unidades de medidas de *download* e *upload* se diferem das unidades de medidas de latência e *jitter*. Por fim, esta informação será mostrada antes da tabela. Como são 4 medidas trabalhadas no estudo, serão gerados 4 gráficos e 4 tabelas na célula.

Algoritmo 10 – *Loop* para a geração dos gráficos relacionados a média de taxa de transmissão de *download* e *upload* e para a média da latência e do *jitter*.

```
metrics = ['Download', 'Upload', 'Latência', 'Jitter']
```

```

for metric in metrics:
    plt.figure(figsize=(12, 6))
    grouped_data_pivot = grouped_data.pivot_table(index=['
        Bloco', 'Transmissão'], columns='Período', values=
        metric)
    grouped_data_pivot.plot(kind='bar', rot=45, ax=plt.gca(),
        color=['orange', 'green'])
    plt.xlabel('Bloco - Transmissão', fontsize=20)
    if metric == 'Download' or metric == 'Upload':
        plt.ylabel(metric + ' (megabits)', fontsize=20)
    else:
        plt.ylabel(metric + ' (ms)', fontsize=17)
    plt.xticks(fontsize=14)
    plt.yticks(fontsize=14)
    plt.title(f'Média de {metric.lower()}', fontsize=20)
    plt.legend(title='Período do dia', fontsize=15,
        title_fontsize=17)
    plt.grid(axis='y')
    plt.tight_layout()
    plt.show()

    grouped_data_pivot = grouped_data_pivot.round(2)

    measures = {'Download': 'Mbps', 'Upload': 'Mbps', 'Latê
        ncia': 'ms', 'Jitter': 'ms'}
    for period in grouped_data_pivot.columns:
        grouped_data_pivot[period] = grouped_data_pivot[
            period].astype(str) + ' ' + measures[metric]

    if metric == 'Download' or metric == 'Upload':
        print(f'Resultados para a média de taxa de transmissã
            o de {metric} (Megabits):\n')
    else:
        print(f'Resultados para a média de {metric} (Ms):\n')
    display(grouped_data_pivot)
    plt.show()

```

### 3.3.2 Desvio padrão dos experimentos

Para o cálculo do desvio padrão foi feita uma lógica um pouco diferente, pois no cálculo da média dos experimentos o parâmetro *aggfunc* não recebia até então o argumento *std*, responsável pelo cálculo do desvio padrão. Inicialmente, foram separadas as medidas de *download*, *upload*, latência e *jitter* em uma lista denominada *metrics*. Em seguida, foi definido os níveis de experimento em listas separadas, de modo a ser utilizado na variável *combinations*. Também foi criada uma lista com o intuito de armazenar os dados dos resultados em um *dataframe*, tal como é possível perceber no Algoritmo 11.

Algoritmo 11 – Importação das bibliotecas para o cálculo do desvio padrão e definição das variáveis e listas que armazenam os resultados.

```
import itertools
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

metrics = ['Download', 'Upload', 'Latência', 'Jitter']

results_dict = {}

Bloco = ['A', 'P', 'S']
Periodo = ['Vespertino', 'Noturno']
Transmissao = ['Ethernet', 'Wi-Fi']

combinations = list(itertools.product(Bloco, Periodo,
                                       Transmissao))

results_experiment_df = []
```

Logo em seguida, o programa entra em um *loop*, tal como representado no Algoritmo 12, no qual são iteradas todas as combinações possíveis entre bloco, período e meio de transmissão, de modo a percorrer todos os 12 experimentos do trabalho. Para cada ciclo, é inicializado um dicionário, onde são temporariamente armazenadas as informações. Após inicializado, o *script* entra em outro *loop*, que percorre as medidas de *download*, *upload*, latência e *jitter*, com o intuito de calcular o desvio padrão de cada unidade. Em seguida, o resultado é adicionado ao dicionário que foi criado anteriormente. Por fim, logo após sair do *loop* das medidas, os resultados obtidos referentes ao experimento atual são adicionados à lista de resultados, que está situada no escopo principal do programa. O ciclo é repetido mais 11 vezes, totalizando os 12 experimentos.

Algoritmo 12 – *Loop* responsável pelo cálculo e armazenamento dos resultados do desvio padrão.

```
for Bloco, Periodo, Transmissao in combinations:
    results_dict_experiment = {'Bloco': Bloco, 'Periodo':
                              Periodo, 'Transmissao': Transmissao}

    for metric in metrics:
        experiment_data = data[(data['Bloco'] == Bloco) &
                               (data['Periodo'] == Periodo) &
                               (data['Transmissão'] ==
                                Transmissao)]

        standard_deviation = experiment_data[metric].std().
                               round(2)

        results_dict_experiment[metric] = standard_deviation

    results_experiment_df.append(results_dict_experiment)
```

Após sair do *loop* observado no Algoritmo 12, os dados dos resultados obtidos são armazenados em um novo *dataframe*, que está representado no Algoritmo 13. Após isso, o período é definido como uma ordem categórica, de modo a organizar os períodos vespertino e noturno na geração de gráficos e tabelas dos resultados. Por fim, os dados são agrupados em bloco, período e meio de transmissão antes de entrar no *loop* para a geração dos gráficos de barras.

Algoritmo 13 – Geração de gráficos feitos a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do desvio padrão.

```
results_df = pd.DataFrame(results_experiment_df)

results_df['Período'] = pd.Categorical(results_df['Período'],
    categories=['Vespertino', 'Noturno'], ordered=True)

data_to_plot = results_df.set_index(['Bloco', 'Período', '
    Transmissao'])[metrics]

for metric in metrics:
    plt.figure(figsize=(12, 6))
    grouped_data_pivot = data_to_plot.pivot_table(index=['
        Bloco', 'Transmissao'], columns='Período', values=
        metric)
    grouped_data_pivot.plot(kind='bar', rot=45, ax=plt.gca(),
        color = ['orange', 'green'])
    plt.xlabel('Bloco - Transmissão', fontsize = 20)
    if(metric == 'Download' or metric == 'Upload'):
        plt.ylabel(metric + ' (megabits)', fontsize = 20)
    else:
        plt.ylabel(metric + ' (ms)', fontsize = 20)
    plt.xticks(fontsize=14)
    plt.yticks(fontsize=14)
    plt.title(f'Desvio padrão para {metric.lower()}',
        fontsize = 20)
    plt.legend(title='Período do dia', fontsize=15,
        title_fontsize=17)
    plt.grid(axis='y')
    plt.tight_layout()
    plt.show()

measures = {'Download': 'Mbps', 'Upload': 'Mbps', 'Latê
    ncia': 'ms', 'Jitter': 'ms'}
for period in grouped_data_pivot.columns:
    grouped_data_pivot[period] = grouped_data_pivot[
        period].astype(str) + ' ' + measures[metric]

if(metric == 'Download' or metric == 'Upload'):
    print(f'Resultados para o desvio padrão de taxa de
        transmissão de {metric} (Megabits):\n')
```



```

else:
    print(f'Resultados para o desvio padrão de {metric} (
          Ms):\n')
display(grouped_data_pivot)

```

Ao entrar no *for* para a geração de gráficos, a cada laço percorrido será gerado um gráfico relacionado a medida da vez e será mostrada uma tabela com as informações do gráfico. No gráfico, são configurados os *labels* dos eixos x e y, além do título do gráfico e informações sobre o que se trata cada barra do gráfico.

De modo bem similar a geração de gráficos da média dos resultados, no final da célula, terá uma condição para estabelecer se o gráfico é relacionado a uma taxa de transmissão ou a um tempo de resposta, necessário dado que as unidades de medidas de *download* e *upload* se diferem com das unidades de medidas de latência e *jitter*. Em seguida, esta informação será mostrada na tabela. Por fim, são gerados 4 gráficos e 4 tabelas na célula.

### 3.4 Experimentos

Os testes primeiramente foram separados a partir de 3 fatores de diferenciação: meio de transmissão que será utilizado, o bloco em que o teste será efetuado e o período que será feito. Foram usados dois níveis de valores para cada fator, resultando em 12 experimentos, como é possível observar na Tabela 2.

Tabela 2 – Fatores e níveis dos experimentos

Experimentos	Meio de transmissão	Local	Período
1	Ethernet	Bloco P	Vespertino
2	Ethernet	Bloco P	Noturno
3	Ethernet	Bloco A	Vespertino
4	Ethernet	Bloco A	Noturno
5	Ethernet	Bloco S	Vespertino
6	Ethernet	Bloco S	Noturno
7	Wi-Fi	Bloco P	Vespertino
8	Wi-Fi	Bloco P	Noturno
9	Wi-Fi	Bloco A	Vespertino
10	Wi-Fi	Bloco A	Noturno
11	Wi-Fi	Bloco S	Vespertino
12	Wi-Fi	Bloco S	Noturno

Fonte: Autoria própria

No fator meio de transmissão, os testes se diferenciavam entre testes em rede cabeada e testes em rede sem fio (*wireless*). Os testes da categoria de meio de transmissão cabeado foram realizados em cabos *ethernet* do modelo tipo CAT5e e do modelo tipo CAT6. Os testes da categoria de meio de transmissão sem fio foram efetuados via Wi-Fi. O padrão do Wi-Fi a ser utilizado foi o 802.11n para a frequência de 2,4 GHz.

No fator local foi definido de modo específico em que lugar do campus serão efetuados os testes. A escolha dos locais foi definida de acordo com o critério de maior fluxo de circulação de pessoas, pois o intuito do trabalho é comparar os testes e observar se há inconsistências na rede ou alterações na qualidade da rede, o que possivelmente poderá acontecer em lugares onde

há mais usuários conectados. Tendo isto em mente, os testes foram realizados nos blocos A, P e S. O bloco A é um dos principais blocos da UTFPR, onde há um fluxo grande de pessoas que inclusive acabam passando por ele para chegarem em outros blocos. Este bloco possui mais salas teóricas do que laboratórios. O bloco P é o principal bloco de aulas para os discentes do departamento de computação, dado que possui vários laboratórios de informática. Há também salas teóricas, mas o predomínio maior prevalece os laboratórios de informática. O bloco S é o bloco com menor número de pessoas presentes dentre os 3 blocos. Contudo, é um bloco em que a maioria das salas dos laboratórios possuem computadores ligados via adaptadores *wireless*, o que tornaria interessante comparar os resultados de transmissão *ethernet* e Wi-Fi.

No fator período, foram divididos em duas categorias: vespertino e noturno. Esses horários foram definidos também devido à presença de diferentes cursos de graduação no campus, além de outras atividades. Com isso, o fluxo de pessoas dentro dele irá se diferenciar dentre horários específicos. Na parte da tarde, a circulação de pessoas é praticamente uniforme entre cada bloco. Entretanto, na parte da noite, por exemplo, o fluxo de pessoas no bloco P do campus é mais alto se comparado a outros blocos, devido aos cursos de graduação e tecnologia da parte noturna, Engenharia de Software e Análise e Desenvolvimento de Sistemas, respectivamente. Portanto, é um fator relevante a ser levado em consideração no trabalho.

As medidas analisadas no trabalho foram: velocidade da taxa de transmissão de *download*, velocidade da taxa de transmissão de *upload*, latência e *jitter*. Com os dados coletados, foram obtidas várias medidas estatísticas, e dentre elas duas foram escolhidas para o trabalho: média e desvio padrão para todas as medidas. Com isso, foi possível observar em quais horários a rede da UTFPR possuiu um melhor e pior desempenho, além de averiguar possíveis anomalias que puderam serem detectadas se comparados os resultados de um bloco com outro. Também foi analisado, com base nos resultados, se houve algum limitador de velocidade entre diferentes blocos, ou se toda a velocidade da Internet é garantida de forma íntegra a todos os blocos, de acordo com a necessidade e quantidade de alunos por bloco.

## 4 RESULTADOS

Os resultados dos experimentos são apresentados na forma de gráficos e tabelas, para ficar mais intuitivo de visualizar as medidas e compará-las. Para o trabalho, foram realizados 100 testes para cada experimento, de modo que possíveis *outliers* pudessem ter um peso menor na análise do trabalho e não impactassem severamente nas medidas finais, tanto da média como no desvio padrão. Os testes foram feitos de forma sequencial entre um e outro, de modo que não houvesse interferência entre um e outro, pois isto o invalidaria.

Primeiramente, são apresentados os resultados referentes a média e desvio padrão da taxa de transmissão de *download* e *upload*, considerando os experimentos executados variando-se o meio de transmissão Wi-Fi e *Ethernet*, os blocos A, P e S e os períodos vespertino e noturno. Posteriormente, serão discutidos os resultados da média e desvio padrão da latência e do *jitter* de todos os experimentos.

### 4.1 Resultados da média e desvio padrão da taxa de transmissão de *download* e *upload*

A Tabela 3 apresenta a média e o desvio padrão da taxa de transmissão de *download* para os experimentos. Observando os resultados, é possível notar que, apesar dos valores do desvio padrão serem um pouco altos, praticamente todos tiveram um valor menor se comparado com o valor da média, com exceção do experimento do Bloco S com meio de transmissão *Ethernet* realizado no período noturno. Também é possível perceber que os resultados obtidos das médias das taxas de transmissão de *download* não são homogêneas, o que comprova que os fatores escolhidos para o trabalho afetam realmente a qualidade de conexão. Os valores do desvio padrão também podem ser observados no formato de gráficos no Apêndice A.

Tabela 3 – Média e desvio padrão de taxa de transmissão de *download*

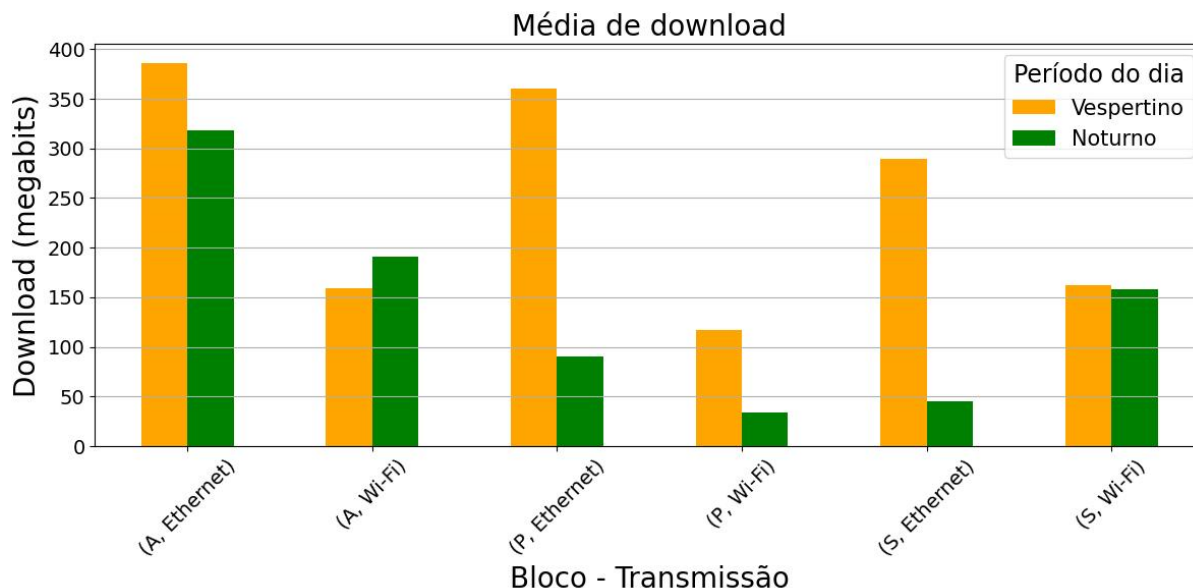
	Período	Vespertino (Mbps)	Noturno (Mbps)
Bloco	Transmissão		
A	Ethernet	385,78 ± 93,94	318,61 ± 33,86
	Wi-Fi	159,38 ± 53,88	190,92 ± 58,83
P	Ethernet	360,53 ± 81,93	90,28 ± 3,72
	Wi-Fi	117,2 ± 36,03	33,59 ± 29,77
S	Ethernet	289,14 ± 120,66	45,79 ± 62,16
	Wi-Fi	162,16 ± 56,08	157,99 ± 41,15

Fonte: Autoria própria

Na Figura 10 são apresentados os resultados da média de taxa de transmissão de *download* no formato de gráfico de barras. É possível perceber que, para o fator meio de transmissão, o uso do *Ethernet* apresenta taxas melhores para a maioria dos experimentos, excluindo-se apenas o caso de comparação entre os experimentos feitos no Bloco S no período noturno, onde o meio de transmissão Wi-Fi obteve uma taxa de transmissão de *download* maior que o meio de transmissão *Ethernet*. Isso se deve evidentemente por conta deste meio guiado ter uma interferência eletromagnética muito menor se comparado ao meio de transmissão Wi-Fi, cujo sinal pode sofrer interferências de outros sinais, como provenientes de dispositivos *bluetooth*, de redes móveis e de outras redes *wireless*. Além disso, no meio de transmissão

Wi-Fi existem diferentes tipos de canais e, quando existe uma sobreposição de sinais de canais equivalentes, podem ocorrer perdas.

Figura 10 – Gráfico da média de taxa de transmissão de *download*



Fonte: Autoria própria

Já para o fator bloco, pode-se perceber que no bloco A existem taxas maiores no caso geral, sendo próxima das taxas do *Ethernet* para o bloco P e do Wi-Fi para o bloco S. Acredita-se que isso aconteça por conta deste bloco possuir uma prevalência maior de salas teóricas se comparada com os outros dois blocos, pois no bloco S, e principalmente no bloco P, a maioria das salas são laboratórios de informática. Nas aulas teóricas, o único dispositivo possível para realizar um consumo de banda seria o *smartphone* pessoal, enquanto que nos laboratórios soma-se esse com o computador ou laptop pessoal do aluno. Sendo assim, os alunos possuem um contato maior com o computador pessoal, que estando ligado, faz uma conexão com a Internet e, portanto, traz um maior consumo de dados da rede.

Considerando o fator período, pode-se perceber que, de modo geral, no período vespertino as taxas alcançadas são maiores se comparado ao noturno, com exceção no bloco A para o meio de transmissão Wi-Fi. Isto se deve provavelmente por existir uma concentração maior de estudantes no período noturno, principalmente no bloco P. No bloco P pode-se inferir que o maior motivo disso seria o maior número de estudantes neste bloco durante a noite, dado que o curso bacharelado de Engenharia de Software e curso de tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas possuem grande parte de suas aulas situadas nele, o que contribui para que a qualidade de conexão seja inferior neste bloco durante o período noturno.

A Tabela 4 apresenta a média e o desvio padrão da taxa de transmissão de *upload*. Novamente, os valores do desvio padrão podem ser considerados altos, mas todos tiveram um valor menor se comparado com o valor da média. Também foi possível perceber, assim como foi notado na Tabela 3, que os resultados obtidos das médias das taxas de transmissão de *upload* não são homogêneos, o que reafirma a conclusão feita de que os fatores escolhidos para o trabalho afetam a qualidade de conexão.

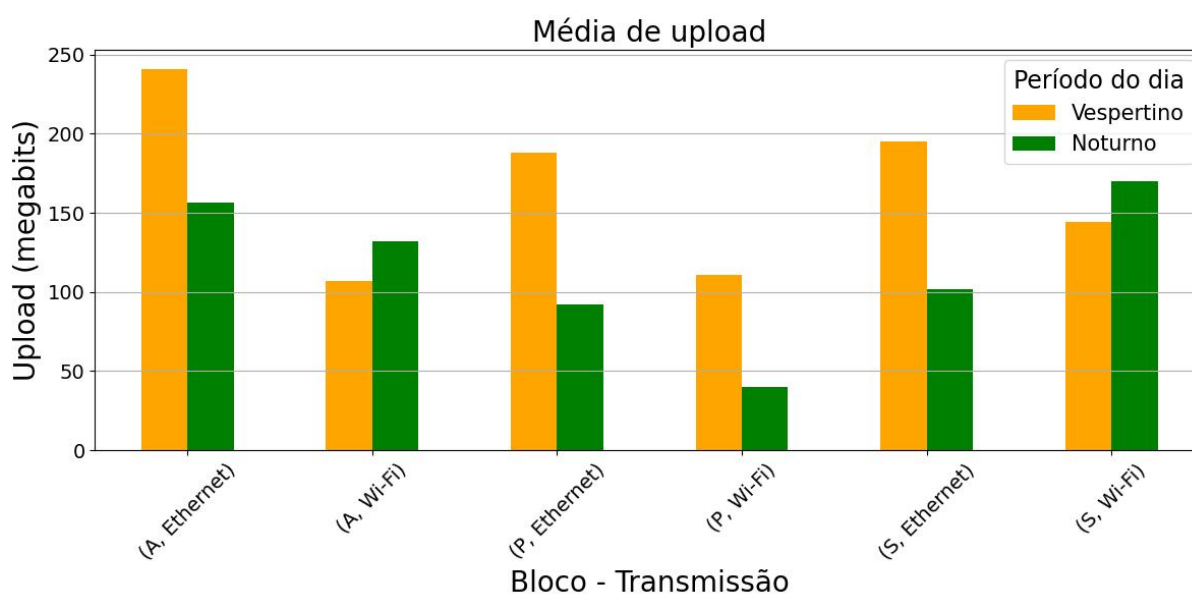
Na Figura 11 são apresentados os resultados da média de taxa de transmissão de *upload* no formato de gráfico de barras. Considerando o fator meio de transmissão, de forma geral o meio de transmissão via *Ethernet* possui maiores taxas nos testes, devido ao seu melhor

Tabela 4 – Média e desvio padrão de taxa de transmissão de *upload*

	Período	Vespertino (Mbps)	Noturno (Mbps)
Bloco	Transmissão		
A	Ethernet	241,02 ± 66,51	156,46 ± 11,77
	Wi-Fi	106,66 ± 48,34	132,07 ± 41,28
P	Ethernet	187,85 ± 52,97	92,16 ± 6,46
	Wi-Fi	110,81 ± 24,06	40,16 ± 28,38
S	Ethernet	195,28 ± 84,75	102,07 ± 23,84
	Wi-Fi	144,41 ± 44,46	169,89 ± 27,95

Fonte: Autoria própria

desempenho por não ter perdas significativas no sinal de cabos CAT5e e CAT6 em curtas distâncias. A única exceção foi na comparação entre os experimentos realizados no bloco S durante o período noturno, onde o Wi-Fi obteve um desempenho melhor.

Figura 11 – Gráfico da média de taxa de transmissão de *upload*

Fonte: Autoria própria

Levando-se em consideração agora com maior ênfase no fator bloco, percebe-se de que os blocos A e S tiveram taxas de transmissão de *upload* mais altas se comparados ao bloco P para os mesmos meios de transmissão e períodos. De forma análoga com o que aconteceu com a taxa de transmissão de *download*, também pode-se inferir que isto é esperado, dado à maior concentração de estudantes ativos e laboratórios no bloco P.

Levando-se em consideração o fator período, de forma geral, o período vespertino atingiu taxas maiores, com exceção na comparação dos experimentos com o meio de transmissão Wi-Fi para os blocos A e S. No período da tarde, apesar de ter uma maior quantidade de alunos no campus devido à grade curricular dos principais cursos de engenharia da universidade, a distribuição de alunos dentro do campus é mais uniforme entre os blocos, diferentemente do período noturno, onde há uma concentração muito maior no bloco P no período noturno.

Comparando-se todos os resultados das taxas de *download* e *upload*, pode-se notar que os resultados de *download* são superiores aos de *upload*. Isto sugere que o plano de Internet contratado pela UTFPR não tenha velocidades equivalentes entre *download* e *upload*. Isto é uma informação importante que direciona a outra conclusão: se for comparado os resultados entre medidas de *download* e *upload*, é possível notar que nos casos dos experimentos do bloco P e S realizados no período noturno, a velocidade de *upload* se saiu superior. Isto sugere que grande parte do consumo de banda utilizado pelos discentes é muito mais voltado para o *download* ao invés de *upload*, como acontece tradicionalmente com a maioria dos usuários, ainda mais se levar em consideração o fato mencionado de que a velocidade de *download* contratada é superior ao de *upload*.

#### 4.2 Latência e Jitter

Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes às médias e desvio padrão da latência. É possível observar por meio dos resultados obtidos que todos os valores do desvio padrão se mantiveram abaixo do valor da média. Além disso, todos valores do desvio padrão tiveram um valor bem baixo, com exceção do experimento do bloco P utilizando o meio de transmissão Wi-Fi no período noturno, no qual se teve um valor próximo a 20 ms.

Tabela 5 – Média e desvio padrão da latência

	Período	Vespertino (ms)	Noturno (ms)
Bloco	Transmissão		
A	Ethernet	17,86 ± 5,24	21,4 ± 3,26
	Wi-Fi	25,11 ± 6,69	15,81 ± 5,49
P	Ethernet	17,35 ± 6,5	12,41 ± 3,96
	Wi-Fi	21,56 ± 2,35	34,52 ± 20,65
S	Ethernet	20,55 ± 7,39	23,1 ± 3,79
	Wi-Fi	15,25 ± 5,14	15,64 ± 3,07

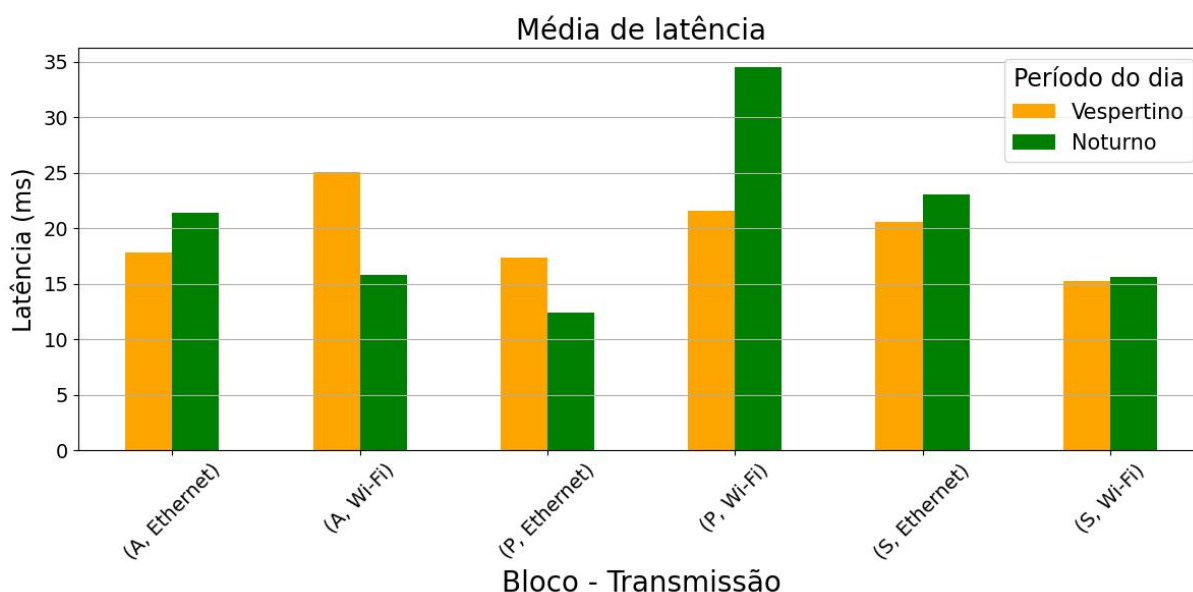
Fonte: Autoria própria

A Figura 12 exibe os resultados referentes a média da latência no formato de gráfico de barras. Comparando os resultados e levando-se em consideração o fator meio de transmissão, nota-se que não houve um meio de transmissão que se saiu superior ao outro, pois nesta avaliação quanto menor o valor de tempo de resposta, melhor será a medida. Os testes ficaram empatados de 6 a 6, embora a média das 6 medidas de *Ethernet* ficou em 17,80 ms, enquanto que a média das 6 medidas de Wi-Fi ficou em 21,31 ms, uma diferença de aproximadamente 3,50 ms.

Levando em consideração agora o fator bloco, não houve significativa diferença entre os resultados. Com exceção do bloco P, onde houve uma maior variação da latência, todos se mantiveram em uma média de aproximadamente 17 ms.

Considerando o fator período, comparando os experimentos com meios de transmissão iguais e com o mesmo bloco, o período vespertino se saiu levemente melhor que o período noturno. Das 6 comparações possíveis feitas, 4 obtiveram um valor de tempo de resposta médio menor no período vespertino, enquanto outras 2 restantes obtiveram no período noturno. Isso pode ser esperado, dado que o tráfego da rede de Internet é mais acessada durante o período da noite, o que causa uma sobrecarga maior na rede de acesso local.

Figura 12 – Gráfico da média da latência



Fonte: Autoria própria

Tabela 6 – Média e desvio padrão do *jitter*

	Período	Vespertino (ms)	Noturno (ms)
Bloco	Transmissão		
A	Ethernet	4,35 ± 1,91	2,54 ± 1,14
	Wi-Fi	5,17 ± 2,87	2,29 ± 1,02
P	Ethernet	3,22 ± 1,5	3,78 ± 1,59
	Wi-Fi	2,19 ± 1,3	9,83 ± 12,6
S	Ethernet	2,88 ± 1,5	4,29 ± 2,5
	Wi-Fi	3,56 ± 1,8	2,98 ± 1,63

Fonte: Autoria própria

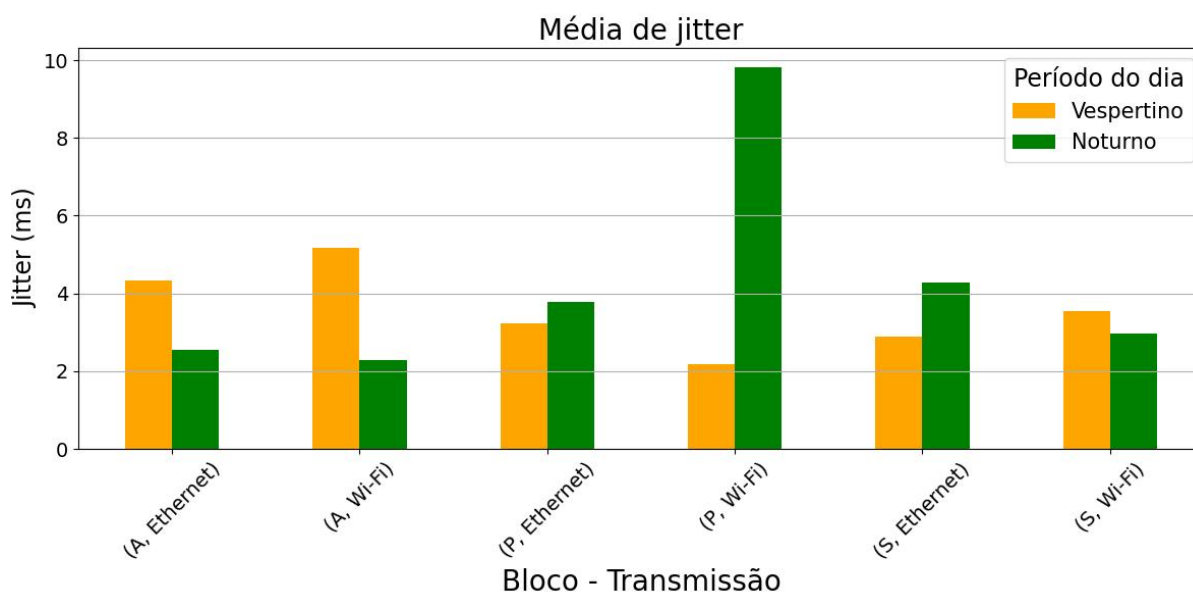
Por fim, é interessante destacar que o pior e melhor valores de latência ocorreram no bloco P no período noturno, sendo o melhor com o uso do Ethernet e o pior com o uso do Wi-Fi.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados referentes às médias e desvio padrão do *jitter*. Assim como foi visto na Tabela 5, foi possível observar por meio dos resultados obtidos que praticamente todos os valores do desvio padrão se mantiveram abaixo do valor da média do *jitter*, com exceção do experimento realizado no Bloco P utilizando o meio de transmissão Wi-Fi no período noturno. De modo geral, os valores obtidos foram bem próximos entre si, o que configura uma homogeneidade entre eles.

A Figura 13 mostra os resultados referentes às médias do *jitter*. Comparando-se os resultados obtidos e levando em consideração os diferentes níveis do fator meio de transmissão, tem-se que não houve uma significativa diferença entre eles, pois tenderam a uma média próxima uns aos outros. No experimento realizado no Bloco P com o meio de transmissão Wi-Fi durante o período noturno, no entanto, houve uma exceção, onde o valor do *jitter* obteve um valor mais elevado se comparado aos outros experimentos, sendo assim o pior resultado para esta medida, dado que quanto maior o valor do *jitter*, pior será a performance da comunicação.

Isto deve ter ocorrido por se tratar de uma conexão Wi-Fi sobrecarregada, com diferentes dispositivos com conexão sem fio conectados, tais como: *smartphones*, *notebooks*, *smartwatches*, entre outros. Além disso, deve se levar em consideração dispositivos eletrônicos como mouse, teclado e fones de ouvido, os quais utilizam redes sem fio para conectar em um dispositivo final, como um notebook. Para realizar esta conexão, eles precisam transmitir um sinal que opera em uma faixa de frequência de 2,4 GHz, e isto pode afetar a conexão Wi-Fi na localidade.

Figura 13 – Gráfico das médias do *jitter*



Fonte: Autoria própria

Considerando o fator bloco, comparando-se os resultados obtidos, também não houve uma significativa diferença, todos se mantiveram numa média próxima, com exceção do bloco P, onde houve uma maior variação do atraso na entrega sucessiva de pacotes, devido provavelmente à alta sobrecarga de dispositivos conectados na rede de acesso local com Wi-Fi do bloco P.

Considerando o fator período, comparando os experimentos de fatores de meio de transmissão iguais e com o mesmo fator bloco, o período vespertino e noturno se saíram equivalentes. Das 6 comparações possíveis feitas, 3 obtiveram um valor de tempo de resposta médio do *jitter* menor no período vespertino, enquanto outros 3 obtiveram um valor do *jitter* menor no período noturno. Os valores de *jitter* em geral foram bem baixos, e este comportamento é esperado, dado que de forma geral os testes se sobressaíram com bons resultados nas taxas de transmissões de *download* e *upload*.

De forma geral, os resultados da média do tempo de resposta do *jitter* obtiveram resultados próximos entre si por conta da baixa variabilidade dos testes de latência feitos durante o teste do próprio *jitter*, o que indica que a rede de acesso local, de forma geral, possui uma estabilidade na conexão.

Comparando as médias obtidas nos experimentos para a latência e o *jitter*, nota-se que os valores do *jitter* são menores que os valores da latência. No que se diz a respeito à estabilidade da conexão, o *jitter* é uma medida importante para avaliar. Os valores em geral foram bem baixos, o pior resultado teve como resultado 9,83 ms, o que ainda é abaixo de 10 ms, o que leva a concluir que a estabilidade de conexão na UTFPR para as diferentes redes de acesso é muito boa, mesmo em períodos onde há muitos alunos conectados, como, por exemplo, no período noturno do bloco P.



## 5 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi realizar uma análise acerca da rede de acesso local da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Cornélio Procopio. Para isso, foram executados testes para os meios de transmissão cabeado com *Ethernet* e sem fio Wi-Fi, variando também os blocos onde os dados foram coletados e o período do dia, entre vespertino e noturno. Os resultados demonstraram que as métricas mais afetadas por esses fatores foram a taxa de transmissão de *download* e taxa de transmissão de *upload*. Já as métricas latência e *jitter* obtiveram resultados mais homogêneos, o que indica que são menos afetadas por tais fatores.

Como foi possível observar e já era esperado, os experimentos relacionados a taxa de transmissão de *download* e *upload* que utilizaram o meio de transmissão *Ethernet* obtiveram um melhor desempenho se comparado aos experimentos em que foram utilizados o meio de transmissão Wi-Fi.

Também foi possível observar que o fator período foi determinante em todos os experimentos, o que indica que a quantidade de pessoas conectadas em uma parte da rede de acesso local da universidade pode impactar severamente na qualidade de conexão daquela localidade específica. Sendo assim, de acordo com a análise realizada, pode-se concluir que os horários noturnos, de uma forma geral, possuem um congestionamento maior na rede local interna da UTFPR, se comparado ao período vespertino.

Considerando o fator bloco, foi possível perceber que, de modo geral, teve um forte impacto nos resultados finais do experimento, pois foi a partir dele que foi possível diferenciar os experimentos entre diferentes localidades dentro do campus. Por meio deste fator, foi possível detectar a anomalia que ocorreu no bloco P durante o período noturno, utilizando o meio de transmissão Wi-Fi. Dentre todos os blocos, o bloco P obteve os resultados de menor performance da rede no trabalho, o que é esperado por conta da grande quantidade de discentes dos cursos relacionados a tecnologia da informação que possuem aulas no bloco.

O fator meio de transmissão foi decisivo nos resultados referentes às taxas de transmissão de *download* e *upload*, pois houve significativas diferenças na comparação entre experimentos utilizando o mesmo bloco e período, distinguindo apenas o meio de transmissão. Seguindo o mesmo raciocínio de comparação, na análise da latência e do *jitter* percebe-se que não houve grande discrepância entre os resultados, com exceção na comparação entre os experimentos realizados no bloco P e no período noturno. De forma geral, os valores da latência e *jitter* se mantiveram homogêneos.

Diante desses 3 fatores, pode-se concluir neste trabalho que todos eles impactaram diretamente nos resultados. Vale ressaltar que não foi possível justificar todos os comportamentos e anomalias que ocorreram. Como um exemplo de anomalia, tem-se o pior e melhor resultado da latência terem ocorrido no bloco P durante o período noturno. Contudo, com os resultados da análise realizada, é imprescindível afirmar que a rede de acesso local interna da UTFPR não possui uma conexão homogênea entre diferentes cenários. A variação da rede é definitivamente existente variando-se o lugar, o horário e meio de transmissão.

### 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Para os trabalhos futuros, uma métrica importante que poderia ser analisada seria a taxa de perda de pacotes. Ela consiste no envio sucessivo de pacotes de dados entre um cliente e um servidor. Se um pacote de requisição for enviado e a máquina do cliente receber uma resposta, então a conexão naquele momento está estável. Caso ocorra de um cliente

enviar um pacote e a máquina do mesmo não receber uma resposta do servidor, então ocorreu uma perda de pacote. Para avaliar a taxa de perda de pacotes é recomendável utilizar um tamanho considerável de envio contínuo de pacotes, como, por exemplo, 100 pacotes. A partir dos resultados dele, pode-se medir a taxa de perda de pacotes, que neste caso seria o número de vezes em que não se recebe a resposta do servidor dividido por 100. Dado que a biblioteca *speedtest* não disponibiliza esta funcionalidade, seria necessária criar uma função para realização desta operação, tal como visto no capítulo de desenvolvimento do trabalho, em que foi criado a função *jitter*.

Outra análise que poderia ser feita com relação aos fatores seria uma especificação maior dos testes, definindo-se assim o fator “sala”, que seria propriamente a sala ou laboratório em que o teste foi aplicado. Desta forma, seria possível investigar se os resultados obtidos seriam homogêneos ou heterogêneos entre diferentes localidades de um mesmo bloco, de modo a saber se existe uma grande variação na qualidade da conexão entre diferentes salas de um bloco específico. A desvantagem de adicionar este fator é de que o número de experimentos a serem realizados seriam bem maiores, o que tornaria a coleta destes dados mais complexa, devido ao acesso de determinadas salas da universidade.

Uma outra implementação que poderia ser feita em trabalhos futuros seria a realização de experimentos com um servidor disponibilizado dentro da universidade. Dessa forma, seria completamente eliminado quaisquer fatores externos da conexão, tal como rotas ineficientes entre o cliente e o servidor ou até mesmo uma latência alta ou *jitter* alto, que poderia ocasionar perda de pacotes durante a realização de um teste, e consequentemente os resultados obtidos das taxas de transmissão teriam valores inferiores ao que a rede é capaz de transmitir. Portanto, com um servidor dedicado a este trabalho futuro, seriam obtidos resultados que dependem realmente apenas da rede de acesso interna da universidade.

Por fim, uma última análise que poderia ser feita seria uma investigação mais a fundo sobre o grande motivo do pior e melhor resultado da latência ocorrer no bloco P durante o período noturno, tendo como diferenciação entre os fatores apenas o meio de transmissão, onde o *Ethernet* obteve o melhor resultados e o Wi-Fi o pior resultado. Isto foi uma anomalia inesperada com relação ao melhor resultado, pois neste horário acredita-se que a rede está sobrecarregada no bloco P, e, portanto, esperava-se que experimentos em outros blocos com o meio de transmissão *Ethernet* obtivesse o melhor resultado.

## Referências

- BARRETO, J. dos S.; ZANIN, A.; SARAIVA, M. de O. **Fundamentos de redes de computadores**. 1. ed. São Paulo - SP: SAGAH EDUCAÇÃO S.A, 2018. Citado na página 5.
- BLACK BOX. **Qual a diferença entre CAT5e e CAT6?** 2023. Disponível em: <<https://www.blackbox.com.br/pt-br/page/43870/Recursos/Suporte-Tecnico/black-box-explica/Copper-Cable/Categorias-5e-e-6#:~:text=Visto%20que%20os%20cabos%20CAT6,T%20ou%2010%2DGigabit%20Ethernet>>. Acesso em: 5 de outubro de 2023. Citado na página 8.
- CAPITAL DIGITAL. **Projeto da Unicef mostra a exclusão digital no Norte do Brasil**. 2023. Disponível em: <<https://capitaldigital.com.br/projeto-da-unicef-mostra-a-exclusao-digital-no-norte-do-brasil/>>. Acesso em: 4 de novembro de 2023. Citado na página 1.
- CONTROLE NET TECNOLOGIA LTDA. **O que é latência?** 2015. Disponível em: <<https://www.controle.net/faq/latencia#:~:text=Lat%C3%Aancia%20%C3%A9%20o%20termo%20usado,ser%C3%A1%20a%20experi%C3%Aancia%20do%20requisitante.>> Acesso em: 3 de setembro de 2023. Citado na página 11.
- COSTA, D. C. T. M. F. d. Power line communication e wi-fi: análise de desempenho comparativa entre tecnologias para extensão de redes locais sem fio. Universidade Federal Fluminense, 2022. Citado 4 vezes nas páginas 3, 14, 15 e 16.
- COULORIS, G. et al. **Sistemas distribuídos**. 5. ed. E-book: bookman, 2013. Citado na página 12.
- Craig Freudenrich, Ph.D. and Chris Pollette. **How Does an Optical Fiber Transmit Light?** 2022. Disponível em: <<https://computer.howstuffworks.com/fiber-optic2.htm>>. Acesso em: 20 de setembro de 2023. Citado na página 7.
- ELÉTRICA MARMOTA LTDA. **Cabo De Rede Lan Cat5E U/Utp cm x azul Caixa 305 Metros - Sil**. 2022. Disponível em: <<https://www.marmota.com.br/cabo-de-rede-lan-cat5e-u-utp-cmxazul-eth-caixa-305-metros-sil-p50291>>. Acesso em: 18 de agosto de 2023. Citado na página 8.
- EMBARCADOS. **Conheça as principais Tecnologias de comunicação sem fio**. 2021. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/tecnologias-de-comunicacao-sem-fio/>>. Acesso em: 18 de setembro de 2023. Citado na página 9.
- ESAQ. **ESAQ - Brasil Banda Larga**. 2023. Disponível em: <<https://www.brasilbandalarga.com.br/bbl/>>. Acesso em: 2 de outubro de 2023. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 13.
- FOROUZAN, B. A.; MOSHARRAF, F. **REDES DE COMPUTADORES: UMA ABORDAGEM TOP-DOWN**. 1. ed. Porto Alegre - RS: Editora AMGH, 2013. Citado na página 10.
- GOV.BR. **Anatel - Resolução nº 717, de 23 de dezembro de 2019**. 2019. Disponível em: <<https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2019/1371-resolucao-717>>. Acesso em: 29 de outubro de 2023. Citado na página 10.

GOV.BR. **Velocidade de conexão à Internet — Agência Nacional de Telecomunicações**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/anatel/pt-br/consumidor/conheca-seus-direitos/telefoniamovel/velocidade-de-conexao-a-internet>>. Acesso em: 6 de outubro de 2023. Citado na página 10.

HEWLETT PACKARD ENTERPRISE DEVELOPMENT LP. **O que é WLAN?** 2023. Disponível em: <<https://www.arubanetworks.com/br/faq/o-que-e-wlan/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2023. Citado na página 5.

IBGE. **161,6 milhões de pessoas com 10 anos ou mais de idade utilizaram a Internet no país, em 2022**. 2022. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38307-161-6-milhoes-de-pessoas-com-10-anos-ou-mais-de-idade-utilizaram-a-internet-no-pais-em-2022>>. Acesso em: 01 de setembro de 2024. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.

ITU. Measuring digital development: Facts and figures 2022. **International Telecommunication Union Development Sector**, 2022. Disponível em: <[https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-ict\\_mdd-2022/](https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-ict_mdd-2022/)>. Acesso em: 4 de novembro de 2023. Citado na página 1.

JOE SUPAN. **The Difference Between Download And Upload Internet Speeds**. 2023. Disponível em: <<https://www.allconnect.com/blog/difference-between-download-upload-internet-speeds>>. Acesso em: 6 de outubro de 2023. Citado na página 10.

JORNAL ESTADO DE MINAS. **História do desktop e tendências com os dispositivos móveis**. 2011. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2011/03/24/interna\\_tecnologia,217323/historia-do-desktop-e-tendencias-com-os-dispositivos-moveis.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2011/03/24/interna_tecnologia,217323/historia-do-desktop-e-tendencias-com-os-dispositivos-moveis.shtml)>. Acesso em: 4 de novembro de 2023. Citado na página 1.

MARK DEARING. **Category 7 and 7A see their sunset**. 2018. Disponível em: <<https://www.datacenterdynamics.com/en/opinions/category-7-and-7a-see-their-sunset/#:~:text=Cat%20%20was%20established%20to,doesn't%20increase%20the%20bandwidth.>>>. Acesso em: 2 de agosto de 2024. Citado na página 8.

MELNIK, S. et al. Time and frequency synchronization for internet service provider networks data rates determination. In: **2022 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–5. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 14.

MINHA CONEXÃO. **Veja como entender os resultados do teste de velocidade**. 2022. Disponível em: <<https://www.minhaconexao.com.br/blog/internet/testar-velocidade-internet>>. Acesso em: 24 de outubro de 2023. Citado na página 13.

MORAES, A. F. de. **REDES DE COMPUTADORES: FUNDAMENTOS**. 8. ed. São Paulo - SP: Editora Saraiva, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 4, 9 e 10.

NWIC. **What is Latency and should you care?** 2020. Disponível em: <<https://nwic.ca/what-is-latency-and-should-you-care>>. Acesso em: 2 de outubro de 2023. Citado na página 11.

OOKLA, LLC., A ZIFF DAVIS COMPANY. **Speedtest by Ookla - The Global BroadBand Speed Test**. 2023. Disponível em: <<https://www.speedtest.net>>. Acesso em: 2 de outubro de 2023. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 14.

PANDAS VIA NUMFOCUS, INC. **Pandas documentation**. 2023. Disponível em: <<https://pandas.pydata.org/docs/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2023. Citado na página 22.

PAUL, U. et al. Characterizing performance inequity across us ookla speedtest users. **arXiv preprint arXiv:2110.12038**, 2021. Citado 4 vezes nas páginas 2, 14, 15 e 16.

PAUL, U. et al. The importance of contextualization of crowdsourced active speed test measurements. In: **Proceedings of the 22nd ACM Internet Measurement Conference**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022. (IMC '22), p. 274–289. ISBN 9781450392594. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3517745.3561441>>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 14 e 15.

PCWDL. **Network Jitter – What is it and How to Monitor it with Software/Tools**. 2023. Disponível em: <<https://www.pcwld.com/network-jitter>>. Acesso em: 3 de setembro de 2023. Citado na página 12.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **speedtest-cli 2.1.3**. 2021. Disponível em: <<https://pypi.org/project/speedtest-cli/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2023. Citado na página 19.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **datetime — Basic date and time types**. 2023. Disponível em: <<https://docs.python.org/3/library/datetime.html>>. Acesso em: 29 de outubro de 2023. Citado na página 19.

RITCHIE, H. et al. Internet. **Our World in Data**, 2023. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/internet>>. Acesso em: 4 de novembro de 2023. Citado na página 1.

SAXON, J.; BLACK, D. A. What we can learn from selected, unmatched data: Measuring internet inequality in chicago. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 98, p. 101874, 2022. ISSN 0198-9715. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971522001181>>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 15 e 16.

SCHIAVON, L. C.; MOREIRA, L. N. An overview of broadband connectivity: insights from brazil/ panorama sobre a conectividade de banda larga: insights para o brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 19128–19141, Mar. 2022. Citado na página 1.

SECBITREZ. **Redes Locais Sem Fio “WLAN”**. 2018. Disponível em: <<https://secbitrez.wordpress.com/2018/09/05/redes-locais-sem-fio-wlan/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2023. Citado na página 6.

SOLINTEL. **Pequenos provedores não possuem percentuais fixos a serem cumpridos à título de garantia de banda**. 2019. Disponível em: <<https://www.solintel.com.br/blog/pequenos-provedores-nao-possuem-percentuais-fixos-a-serem-cumpridos-a-titulo-de-garantia-de-banda-69/?>> Acesso em: 6 de outubro de 2023. Citado na página 10.

SPIEGEL, M. R.; STEPHENS, L. J. **Estatística**. 4. ed. Porto Alegre - RS: Editora bookman, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 12.

STALLINGS, W. **Data and Computer Communications (8th Edition)**. USA: Prentice-Hall, Inc., 2006. ISBN 0132433109. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. **Redes de computadores**. 5. ed. São Paulo - SP: Pearson Education do Brasil, 2011. Citado 5 vezes nas páginas 4, 5, 6, 7 e 9.

TECMUNDO. **Fibra óptica cresce rápido no Brasil e chega a 98% dos municípios.** 2020. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/mercado/152548-fibra-optica-cresce-rapido-brasil-chega-98-municipios.html>>. Acesso em: 29 de julho de 2024. Citado na página 6.

TELCOMANAGER. **O QUE É LATÊNCIA E QUAL A SUA INFLUÊNCIA NA REDE?** 2022. Disponível em: <<https://www.telcomanager.com/blog/o-que-e-latencia-e-qual-a-sua-influencia-na-rede/>>. Acesso em: 19 de setembro de 2023. Citado na página 11.

THE MATPLOTLIB DEVELOPMENT TEAM. **Matplotlib: Visualization with Python.** 2023. Disponível em: <<https://matplotlib.org/>>. Acesso em: 3 de outubro de 2023. Citado na página 23.

UFPE. **O que é a Internet?** 1997. Disponível em: <<https://www.cin.ufpe.br/~flash/resultados/cursos/taais/1997-2/Internet/internet.html#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20a%20Internet,do%20protocolo%20TCP%2FIP%22.>>>. Acesso em: 28 de agosto de 2023. Citado na página 4.

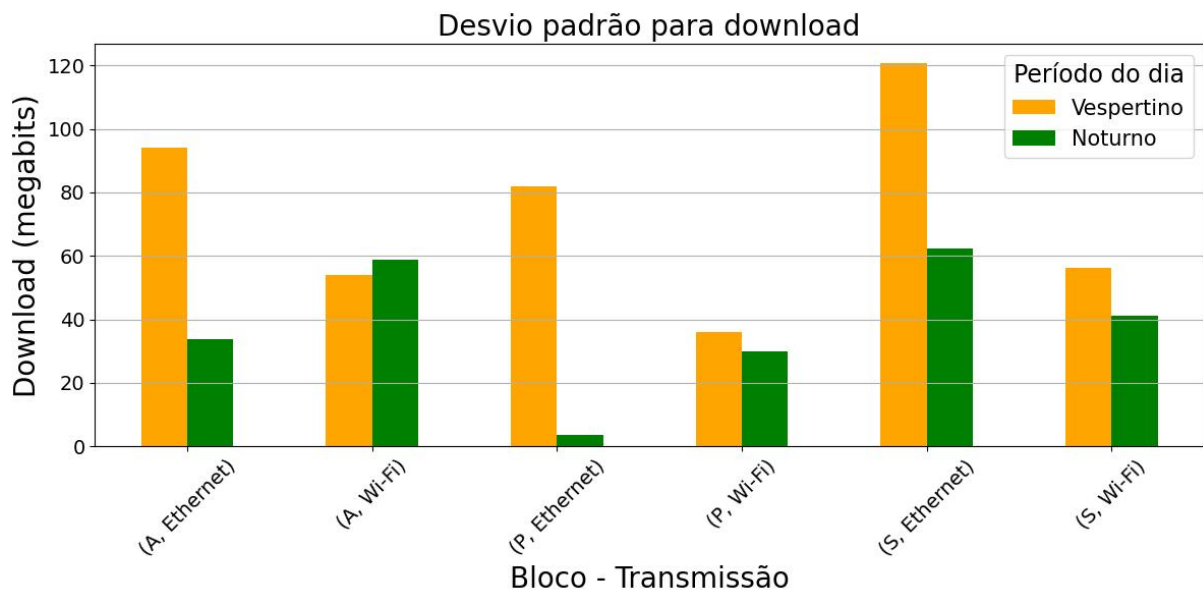
UOL. **Internet foi criada em 1969 com o nome de "Arpanet" nos EUA.** 2001. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u34809.shtml>>. Acesso em: 1 de setembro de 2023. Citado na página 4.

## Apêndices

## APÊNDICE A – Gráficos de desvio padrão

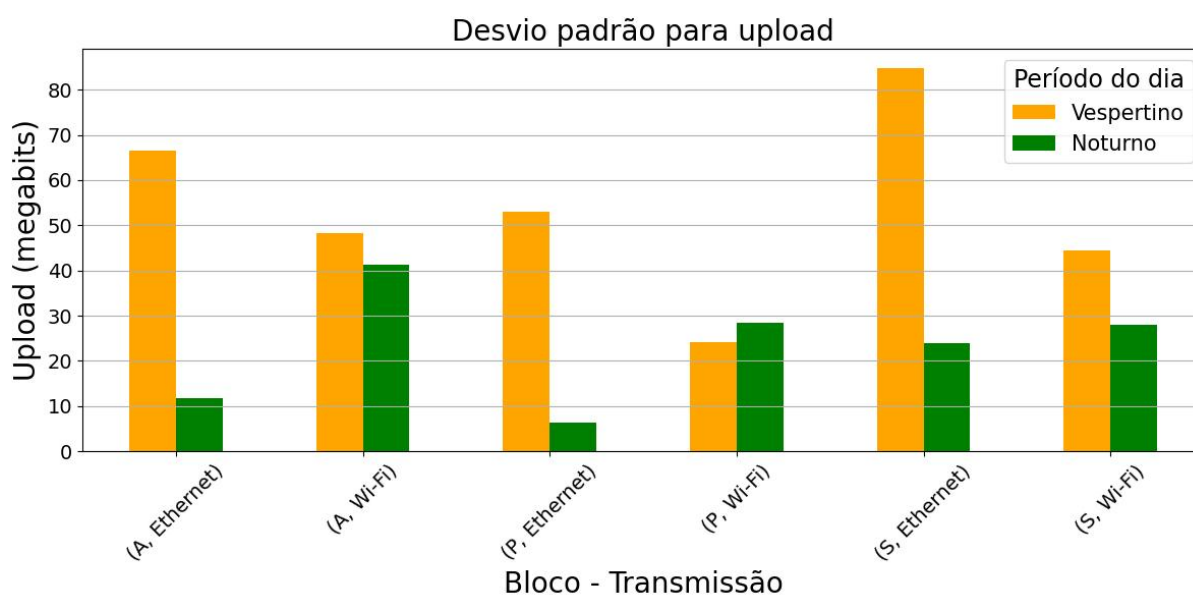
As Figuras 14, 15, 16 e 17 apresentam os resultados referentes ao desvio padrão da taxa de transmissão de *download*, taxa de transmissão de *upload*, latência e *jitter*, respectivamente, no formato de gráfico de barras. É possível perceber que o desvio padrão das taxas de *download* e *upload* são maiores do que o desvio padrão da latência e do *jitter*.

Figura 14 – Gráfico do desvio padrão da taxa de transmissão de *download*



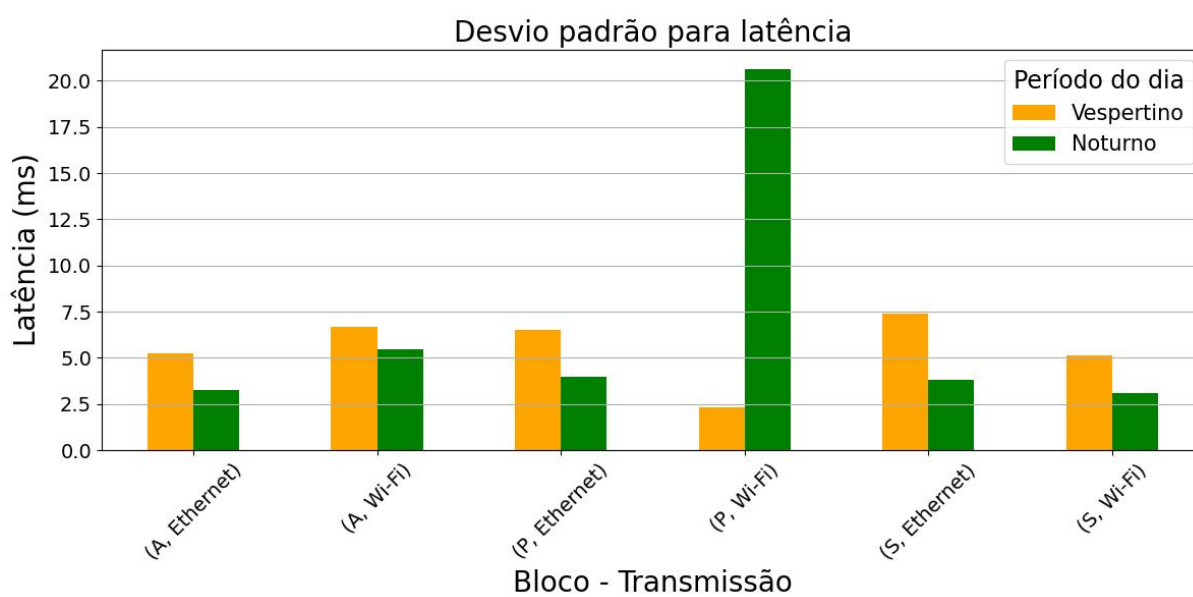
Fonte: Autoria própria



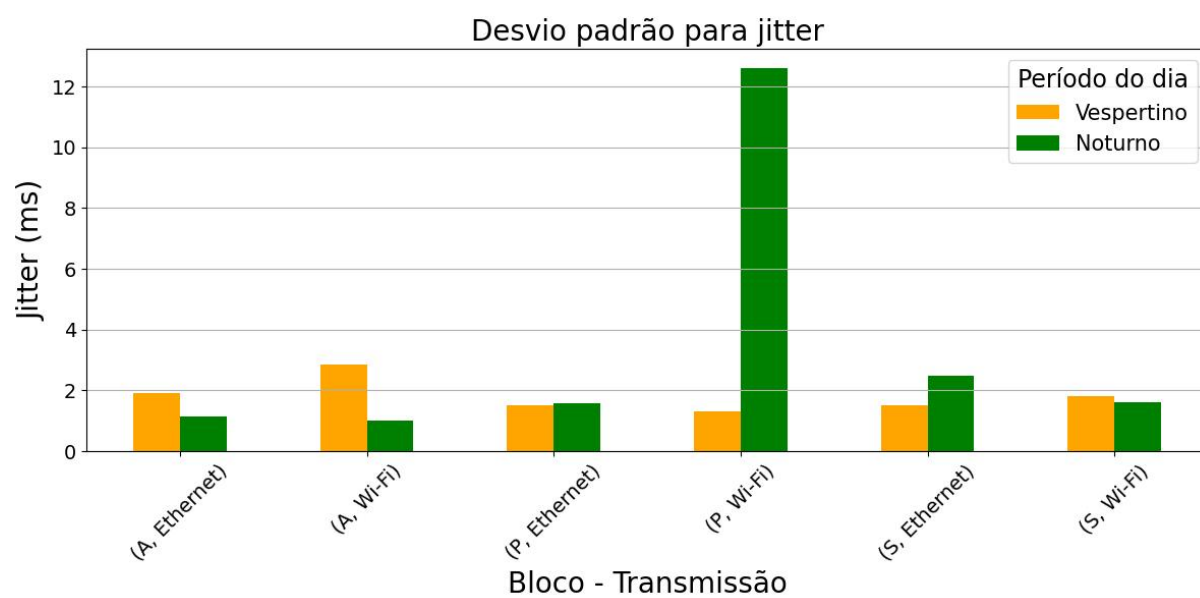
Figura 15 – Gráfico do desvio padrão da taxa de transmissão de *upload*

Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Gráfico do desvio padrão da latência



Fonte: Autoria própria

Figura 17 – Gráfico do desvio padrão do *jitter*

Fonte: Autoria própria