

INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE



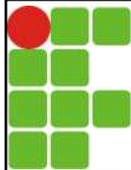
## Introdução às Redes de Computadores

Turma : 20192.1.01405.1N

### Camada de Rede – Parte I

Prof. Thiago Dutra <thiago.dutra@ifrn.edu.br>

1

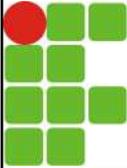


## Agenda – Camada de Rede

- Introdução
- Protocolo IP
- IPv4
- Roteamento
- IPv6

2

2

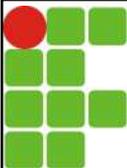


## Agenda – Parte I

- Introdução
  - Visão Geral
  - Serviços
- Protocolo IP
  - Modelo Internet TCP/IP
  - Datagrama IPv4
  - Endereçamento IPv4
    - Hierarquia, Classes
    - Notação Decimal Pontilhada
    - Divisão do Espaço de Endereços, CIDR
    - Máscara de Sub-Rede, Endereços Especiais

3

3



## Visão Geral

- Pilha TCP/IP

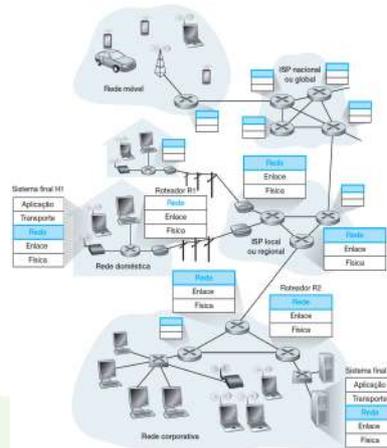
5. Aplicação
4. Transporte
3. Rede
2. Enlace
1. Física

4

4

## Visão Geral

- "O papel da camada de rede é **transportar pacotes de um hospedeiro remetente a um hospedeiro destinatário**" (Kurose)
- Esta camada provê os meios para transmissão de dados entre entidades do nível de transporte
  - A forma como os recursos dos níveis inferiores são usados devem ser transparentes para as entidades de transporte
- Pacote = **datagrama**



5

5

## Serviços

- A camada de rede possui como principais funções:
  - **Endereçamento** : atribuição de endereços lógicos (endereços IP) a cada uma das estações da rede
    - Na verdade uma estação pode ter mais de um endereço IP (ex.: estação com várias interfaces ou uma interface com vários IPs)
  - **Tradução de endereços** : realizar o mapeamento entre os endereços lógicos (IP) em físicos (MAC)
    - Protocolos ARP e RARP
  - **Roteamento** : encaminhamento das unidades de dados até o seu destino, passando pelos sistemas intermediários
    - O roteamento faz o **repasso dos datagramas entre redes distintas**

6

6

# Protocolo IP

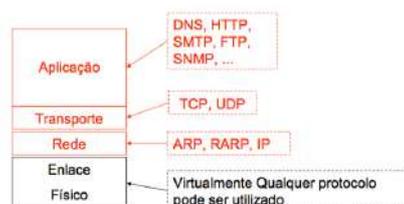
- **IP** = Internet Protocol
  - Versões atuais em uso : **IPv4** [RFC 791] e **IPv6** [RFC 2460 e 4291]
- Implementa as funções de **endereçamento** e **roteamento**
- Opera pela transferência dos datagramas
  - Cada datagrama é tratado de forma independente pela rede, não possuindo nenhuma relação com qualquer outro
  - A origem e o destino de cada datagrama são identificados através de endereços presentes no seu cabeçalho
- Características
  - Não confiável, Não orientado a conexão
  - Não realiza nem controle de erro e nem controle de fluxo
  - Obs.: Todas essas características, se desejado, são implementadas na camada de transporte

7

7

# Modelo Internet TCP/IP

- No modelo Internet TCP/IP nenhuma afirmação é feita sobre as camadas físicas e enlace
  - A priori, **qualquer estrutura** que se enquadre no modelo RM-OSI **pode ser utilizada**
    - Isso facilitou (e incentivou) a adoção do modelo Internet
    - Também facilitou a migração das antigas redes existentes



8

8

# Modelo Internet TCP/IP

- A partir da camada de rede a **implementação é 100% em software**, normalmente fazendo parte do núcleo do SO
- Para as camadas de **rede**, **transporte** e **aplicação** o modelo Internet TCP/IP especifica explicitamente TODOS os protocolos a serem utilizados
  - As especificações são coordenadas pelo IETF
  - Com a adoção desse modelo, pela primeira vez **conseguiu-se uma interoperabilidade real** entre diversas redes

Aplicação	5. Aplicação	HTTP, FTP, TELNET, SSH, POP3, SNMP, SMTP, ...
Sistema Operacional	4. Transporte	TCP, UDP, SCTP, DCCP ...
	3. Rede	IP (IPv4, IPv6) , ARP, RARP, ICMP, IPSec ...
Interface Física	2. Enlace	Ethernet, 802.11 WiFi, IEEE 802.1Q, 802.11g, HDLC, Token ring, FDDI, PPP, Frame Relay, ...
	1. Física	Modem, RDIS, RS-232, EIA-422, RS-449, Bluetooth, USB, ...

9

9

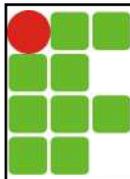
# Datagrama IPv4

- Formato de um datagrama IPv4 :

32 bits			
Versão	Comprimento do cabeçalho	Tipo de serviço	Comprimento do datagrama (bytes)
Identificador de 16 bits		Flags	Deslocamento de fragmentação (13 bits)
Tempo de vida	Protocolo da camada superior	Soma de verificação do cabeçalho	
Endereço IP da origem			
Endereço IP do destino			
Opções (se houver)			
Dados			

10

10

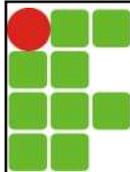


## Datagrama IPv4

- **Versão** : indica a versão do protocolo IP (4 bits)
- **Comprimento do cabeçalho** : tamanho do cabeçalho (em múltiplos de 32)
  - Tipicamente o cabeçalho tem 20 bytes, mas pode variar devido a possibilidade do campo opções
- **Tipo do serviço** : servem para diferenciar os diferentes tipos de datagrama
  - Ex.: datagramas que requerem baixo atraso
- **Comprimento do datagrama** : tamanho total do datagrama

11

11

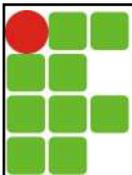


## Datagrama IPv4

- **Identificador, Flags e Deslocamento de fragmentação** : campos usados no processo de fragmentação IP
  - Processo necessário quando um enlace possui um MTU (*Maximum Transmission Unit*) menor que o tamanho do datagrama
- **Tempo de vida** : usado para limitar o número de roteadores pelos quais um pacote pode passar
  - Sempre que passa por um roteador seu valor é decrementado, se chegar a 0 o datagrama é descartado
  - Impede um datagrama de ficar circulando eternamente

12

12

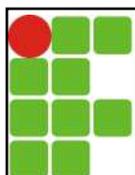


## Datagrama IPv4

- **Protocolo da camada superior** : indica o protocolo da camada de transporte ao qual os dados devem ser passados
- **Soma de verificação do cabeçalho** : controle de erros para o cabeçalho
- **Endereço IP da origem**
- **Endereço IP do destino**

13

13

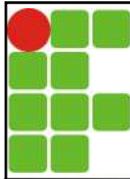


## Datagrama IPv4

- **Opções** : permite que o cabeçalho seja ampliado
  - Raramente são utilizadas
- **Dados** : carga útil
  - Normalmente contém o pacote da camada de transporte (segmento)
  - Na teoria um datagrama IP pode ter até 64kbits
  - Na prática normalmente se utilizam datagramas menores; raramente são maiores de 1.500 bytes

14

14

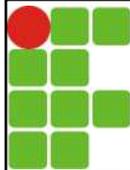


## Endereçamento IPv4

- Um endereço IP está tecnicamente associado a uma interface de rede
- Cada endereço IP tem comprimento de 32 bits
  - Existem então  $2^{32}$  endereços IPs possíveis
  - $2^{32} = 4.294.967.296$  (> 4 bilhões)
- Os endereços são representados em grupos de 8 bits (octetos)
  - Ex.: 1000001 00110011 11110000 10101010
- Os IPs são "distribuídos" (vendidos) por provedores de backbone

15

15

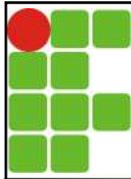


## Hierarquia – Conceitos

- Conceitualmente, cada endereço IP é dividido em duas partes: prefixo e sufixo
- O prefixo do endereço identifica a rede à qual o dispositivo (interface) está associado
  - Também chamado de número da rede ou network id
- O sufixo identifica um dispositivo individual na rede
  - Também chamado de endereço de host ou host id
- Dessa forma, embora as designações dos números de rede sejam globais, os sufixos podem ser coordenados localmente

16

16

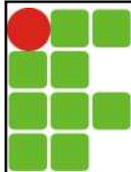


## Hierarquia – Conceitos

- Se duas entidades quaisquer possuem o mesmo número de rede :
  - Elas estão numa **mesma rede IP**
  - Estão em um mesmo domínio de broadcast
  - Estão numa **mesma rede lógica**
  - Elas **podem se comunicar diretamente**, sem o auxílio de nenhuma outra entidade de rede
- Se duas entidades quaisquer possuem números de rede distintos :
  - Elas estão em **redes IP distintas**
  - **Só podem se comunicar através de um processo chamado roteamento**, com o auxílio de outra entidade da rede (roteador)

17

17

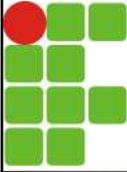


## Hierarquia – Questões

- Quantos bits (dos 32 disponíveis) deve-se alocar para o número de rede (prefixo)? E quantos para endereços de host (sufixo)?
  - O **prefixo** precisa de bits suficientes para **permitir que um número de rede único seja atribuído a cada rede física** numa inter-rede
  - O **sufixo** precisa de bits suficientes para **permitir que cada dispositivo acoplado a uma rede possua um sufixo único**.
- **Prefixo grande => acomoda muitas redes, mas limita o seu tamanho (número de hosts)**
- **Sufixo grande => acomoda muitos hosts em cada rede, mas limita o total de redes**

18

18

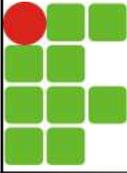


# Classes

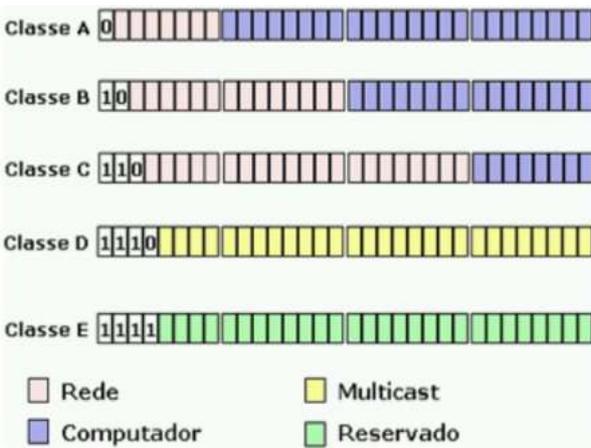
- Inicialmente o espaço de endereços IPs foi dividido em 5 classes : **A, B, C, D** e **E**
  - As **classes A, B e C** são de **uso geral**
    - Também chamadas de classes primárias
  - A **classe D** é usada para **multicasting**
    - Permitir que uma mensagem seja entregue a um conjunto de hosts
  - A **classe E** é **reservada para uso futuro**
- As classes **são delimitadas pelo valor o 1º byte**

19

19



# Classes

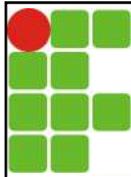


Classe A 0  
 Classe B 10  
 Classe C 110  
 Classe D 1110  
 Classe E 1111

■ Rede                      ■ Multicast  
 ■ Computador              ■ Reservado

20

20



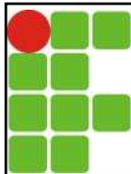
## Notação Decimal Pontilhada

- Representar os 32bits dos endereços IP em notação binária não é/seria fácil para os seres humanos
- Por conveniência, utiliza-se então a **notação decimal pontilhada** para representar os endereços IP
  - Cada octeto (seção de 8 bits) é representada em decimal
  - Separa-se cada octeto através de pontos (.)

Notação Binária	Notação Decimal Pontilhada
10000001 00110100 00000110 00000000	129.52.6.0
10000000 00001010 00000010 00000011	128.10.2.3

21

21

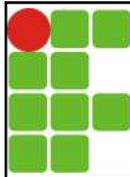


## Notação Decimal Pontilhada

- O menor valor possível de um octeto é o **0** e acontece **quando todos os seus bits são zero**  
**0** (zero) -> 00000000
- O maior valor possível, **255**, ocorre **quando todos os seus bits são 1** (um) -> 11111111
- Deste modo, o espaço de endereços IPs varia de **0.0.0.0** a **255.255.255.255**

22

22

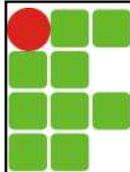


## Classes em Notação Decimal Pontilhada

- **Classe A** : 0.0.0.0 até 127.255.255.255
  - 1º octeto para **rede** e 2º, 3º e 4º octetos para **hosts**
- **Classe B** : 128.0.0.0 até 191.255.255.255
  - 1º e 2º octetos para **rede** e 3º e 4º octetos para **hosts**
- **Classe C** : 192.0.0.0 até 223.255.255.255
  - 1º, 2º e 3º octetos para **rede** e 4º octeto para **hosts**
- **Classe D** : 224.0.0.0 até 239.255.255.255
  - Endereços de **multicast**
- **Classe E** : 240.0.0.0 até 255.255.255.255
  - Reservados para uso futuro

23

23



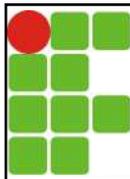
## Divisão do Espaço de Endereços

- O número de bits alocados a um prefixo ou sufixo determina quantos números podem ser atribuídos
  - Um **prefixo** de **n bits** permite **2<sup>n</sup> números de rede únicos**
  - Um **sufixo** de **n bits** permite **2<sup>n</sup> números de hosts** sejam atribuídos em uma determinada rede

Classe	Bits Prefixo	Nº Max. de Redes	Bits Sufixo	Nº Max. de Hosts/Rede
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
C	21	2097152	8	256

24

24

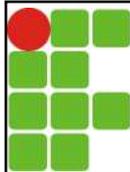


## Divisão do Espaço de Endereços

- Claramente é possível visualizar os problemas da divisão por classes
  - Uma rede classe A é muito grande para a maior parte das organizações, já uma rede classe C é insuficiente para grande parte das organizações
  - A quantidade de redes classe B é insuficiente para atender globalmente o número de organizações
  - Uma empresa que precisa de 300 endereços
    - Disponibilizar uma rede classe B geraria um desperdício de mais de 65 mil endereços
    - Disponibilizar duas redes classe C?

25

25

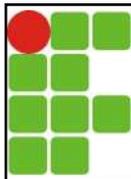


## CIDR

- Para promover um uso mais eficiente para os endereços IPs e simplificar o esquema de roteamento, em 1993 foi introduzido o CIDR
  - Classless Inter-Domain Routing [RFC 1338]
- Com o CIDR é possível alocar os endereços IPs de acordo com as necessidades individuais de cada organização, não ficar preso nas regras de uso generalizado das classes
  - Essa alocação é realizada através do uso de máscaras de sub-rede de tamanho variável (VLSR - Variable Length Subnet Masks)

26

26

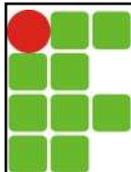


## Máscaras de Sub-Rede

- As máscaras de sub-rede **separam a parte que identifica a "rede" da parte que identifica a "máquina" de um endereço**
  - A máscara torna eficiente a **extração do prefixo**
- A máscara é um dado que **faz parte do endereço de rede**
  - Complementa a configuração de rede de um host
- Assim como os IPs, as máscaras **são números de 32 bits separados em octetos**
- Em uma máscara:
  - Todos os bits de "rede" (prefixo) são iguais a 1
  - Todos os bits de "máquina" (sufixo) são iguais a 0

27

27

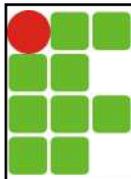


## Máscaras de Sub-Rede

- Máscaras das classes
  - **Classe A** : prefixo 8 bits, sufixo 24 bits
    - Máscara = **11111111.00000000.00000000.00000000**
    - Em notação decimal pontilhada = **255.0.0.0**
  - **Classe B** : prefixo de 16 bits, sufixo 16 bits
    - Máscara = **11111111.11111111.00000000.00000000**
    - Em notação decimal pontilhada = **255.255.0.0**
  - **Classe C** : prefixo de 24 bits, sufixo de 8 bits
    - Máscara = **11111111.11111111.11111111.00000000**
    - Em notação decimal pontilhada = **255.255.255.0**

28

28



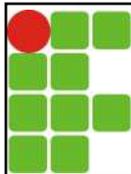
## Máscaras de Sub-Rede

- Máscaras de Sub-Rede Possíveis
  - Em notação binária

```
32 bits = 11111111.11111111.11111111.11111111    19 bits = 11111111.11111111.11100000.00000000
31 bits = 11111111.11111111.11111111.11111110    18 bits = 11111111.11111111.11000000.00000000
30 bits = 11111111.11111111.11111111.11111100    17 bits = 11111111.11111111.10000000.00000000
29 bits = 11111111.11111111.11111111.11111000    16 bits = 11111111.11111111.00000000.00000000
28 bits = 11111111.11111111.11111111.11110000    15 bits = 11111111.11111110.00000000.00000000
27 bits = 11111111.11111111.11111111.11100000    14 bits = 11111111.11111100.00000000.00000000
26 bits = 11111111.11111111.11111111.11000000    13 bits = 11111111.11111000.00000000.00000000
25 bits = 11111111.11111111.11111111.10000000    12 bits = 11111111.11110000.00000000.00000000
24 bits = 11111111.11111111.11111111.00000000    11 bits = 11111111.11100000.00000000.00000000
23 bits = 11111111.11111111.11111110.00000000    10 bits = 11111111.11000000.00000000.00000000
22 bits = 11111111.11111111.11111100.00000000    9 bits = 11111111.10000000.00000000.00000000
21 bits = 11111111.11111111.11110000.00000000    8 bits = 11111111.00000000.00000000.00000000
20 bits = 11111111.11111111.11110000.00000000
```

29

29



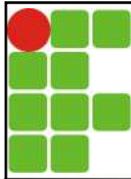
## Máscaras de Sub-Rede

- Máscaras de Sub-Rede Possíveis
  - Em notação decimal pontilhada

```
32 bits = 255.255.255.255    19 bits = 255.255.224.0
31 bits = 255.255.255.254    18 bits = 255.255.192.0
30 bits = 255.255.255.252    17 bits = 255.255.128.0
29 bits = 255.255.255.248    16 bits = 255.255.0.0
28 bits = 255.255.255.240    15 bits = 255.254.0.0
27 bits = 255.255.255.224    14 bits = 255.252.0.0
26 bits = 255.255.255.192    13 bits = 255.248.0.0
25 bits = 255.255.255.128    12 bits = 255.240.0.0
24 bits = 255.255.255.0    11 bits = 255.224.0.0
23 bits = 255.255.254.0    10 bits = 255.192.0.0
22 bits = 255.255.252.0    9 bits = 255.128.0.0
21 bits = 255.255.248.0    8 bits = 255.0.0.0
20 bits = 255.255.240.0
```

30

30



## Máscaras de Sub-Rede

- As máscaras de sub-rede também podem ser **representadas por extenso de acordo com o seu número de bits iguais a "1"**

255.0.0.0 = /8

255.255.255.0 = /24

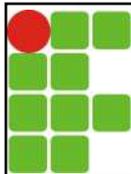
255.255.128.0 = /17

255.255.240.0 = /20

- Desta forma, as seguintes representações são equivalentes
  - 192.123.89.123/255.255.255.0 = 192.123.89.123/24
  - 200.19.145.12/255.255.240.0 = 200.19.145.12/20
  - 10.16.34.25/255.255.0 = 10.16.34.25/16

31

31

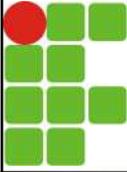


## Endereços Especiais

- IPs Privados
  - Algumas redes privadas (intranets) não estão ligadas à Internet e assim não existe motivo para que estas requisitem faixas únicas de IPs para serem utilizadas internamente na organização
  - Por convenção, o Comitê Gestor da Internet reservou três faixas de endereços para esse fim
    - 10.0.0.0 a 10.255.255.255
    - 172.16.0.0 a 172.31.255.255
    - 192.168.0.0 a 192.168.255.255

32

32

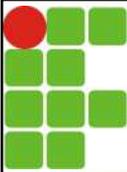


## Endereços Especiais

- IPs Privados
  - Esses IPs **jamais devem ser utilizados na Internet pública**
    - Datagramas contendo qualquer um destes IPs não trafegam na Internet (são descartados pelos roteadores)
  - Uma intranet que utilize alguma destas faixas e que necessite se interligar com a Internet deverá implementar algum esquema de troca de endereços privado/público
    - Um dos mecanismos mais conhecidos para fazer essa operação NAT (*Network Address Translation*) é chamada de **Mascaramento IP** (*IP Masquerading*)

33

33

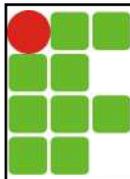


## Endereços Especiais

- Endereço de Rede
  - O **primeiro endereço** da faixa de endereços é utilizado para denotar a rede em si
  - Todos os bits do seu sufixo são "0"
    - Ex.: 192.168.1.0 denota a rede 192.168.1.0/24
- Endereço de Broadcast
  - O **último endereço** da faixa de endereços é utilizado quando se deseja enviar um pacote para todos os hosts da rede
  - Todos os bits do seu sufixo são "1"
    - Ex.: 192.168.1.255 é o broadcast da rede 192.168.1.0/24
  - O IP ainda reserva o endereço de broadcast **255.255.255.255** para quando novos hosts desejam fazer o reconhecimento da rede
    - Ex.: **DHCP**

34

34



## Endereços Especiais

### ■ Calculando endereços de rede e broadcast

Exemplo 1: IP = 200.179.145.123 Máscara = 255.255.255.0

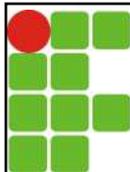
IP: 200.179.145.123	=	11001000.10110011.10010001.	01111011
Máscara: 255.255.255.0	=	11111111.11111111.11111111.	00000000
Rede: 200.179.145.0	=	11001000.10110011.10010001.	00000000
Bcast: 200.179.145.255	=	11001000.10110011.10010001.	11111111

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 1

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 0

35

35



## Endereços Especiais

### ■ Calculando endereços de rede e broadcast

Exemplo 2: IP = 10.4.128.116 Máscara = 255.255.240.0

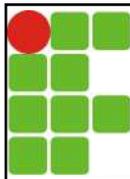
IP: 10.4.128.116	=	00001010.00000100.1000	0000.01110100
Máscara: 255.255.240.0	=	11111111.11111111.1111	0000.00000000
Rede: 10.4.128.0	=	00001010.00000100.1000	0000.00000000
Bcast: 10.4.143.255	=	00001010.00000100.1000	1111.11111111

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 1

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 0

36

36



## Endereços Especiais

### ■ Calculando endereços de rede e broadcast

Exemplo 3: IP = 126.45.13.116 Máscara = 255.255.255.248

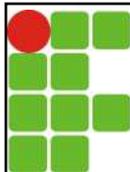
IP: 126.45.13.116	=	01111110.00101101.00001101.01110		100
Masc: 255.255.255.248	=	11111111.11111111.11111111.11111		000
Rede: 126.45.13.112	=	01111110.00101101.00001101.01110		000
Bcast: 126.45.13.119	=	01111110.00101101.00001101.01110		111

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 1

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 0

37

37



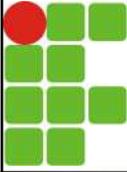
## Endereços Especiais

### ■ Endereço de Loopback

- O protocolo IP define um endereço para ser **utilizado em teste de aplicativos de rede**
- Um loopback server para **testar a comunicação entre processos de um mesmo computador através das camadas na pilha de protocolos**
  - O pacote sai da camada mais superior, desce até a camada IP e sobe novamente até a camada de aplicação
  - Durante o teste de loopback nenhum pacote deixa o computador (o software IP encaminha os pacotes de um processo a outro)
- Este endereço utiliza o prefixo de rede **Classe A 127**
  - Por convenção, os projetistas utilizam o endereço **127.0.0.1**

38

38

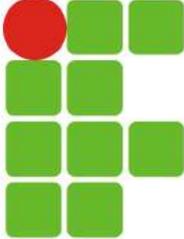
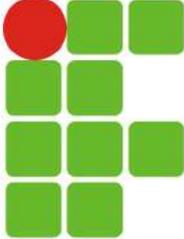


# Referências

- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** – 6a Ed., Pearson, 2013.
- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** – 5a Ed., Pearson, 2010.
- FOROUZAN, B. A. - **Comunicação de Dados e Redes de Computadores** – 3a Ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.
- FOROUZAN, B. A. - **Comunicação de Dados e Redes de Computadores** – 4a Ed., São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

39

39



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE



ANOS 2019  
2011

REDE FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO  
PROFISSIONAL  
E TECNOLÓGICA

## Introdução às Redes de Computadores

Turma : 20192.1.01405.1N

### Camada de Rede – Parte I

Prof. Thiago Dutra <thiago.dutra@ifrn.edu.br>

40