

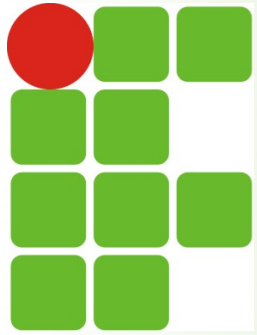
**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO GRANDE DO NORTE



REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2009

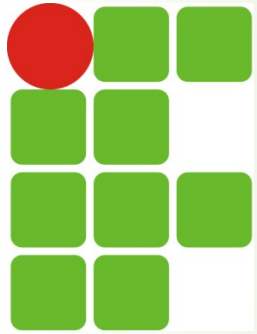
Redes de Computadores

Roteamento IP



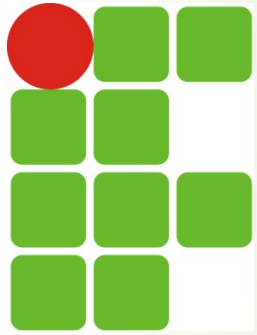
Objetivo

- Conhecer o modelo de roteamento da arquitetura TCP/IP
- Entender os conceitos básicos de algoritmo, métrica, tabela e protocolos de roteamento
- Conhecer as representações dos diferentes tipos de rotas
- Entender as diferentes estratégias de roteamento
- Compreender as arquiteturas de roteamento e seus respectivos algoritmos de roteamento
- Saber listar tabelas de roteamento e configurar rotas estáticas



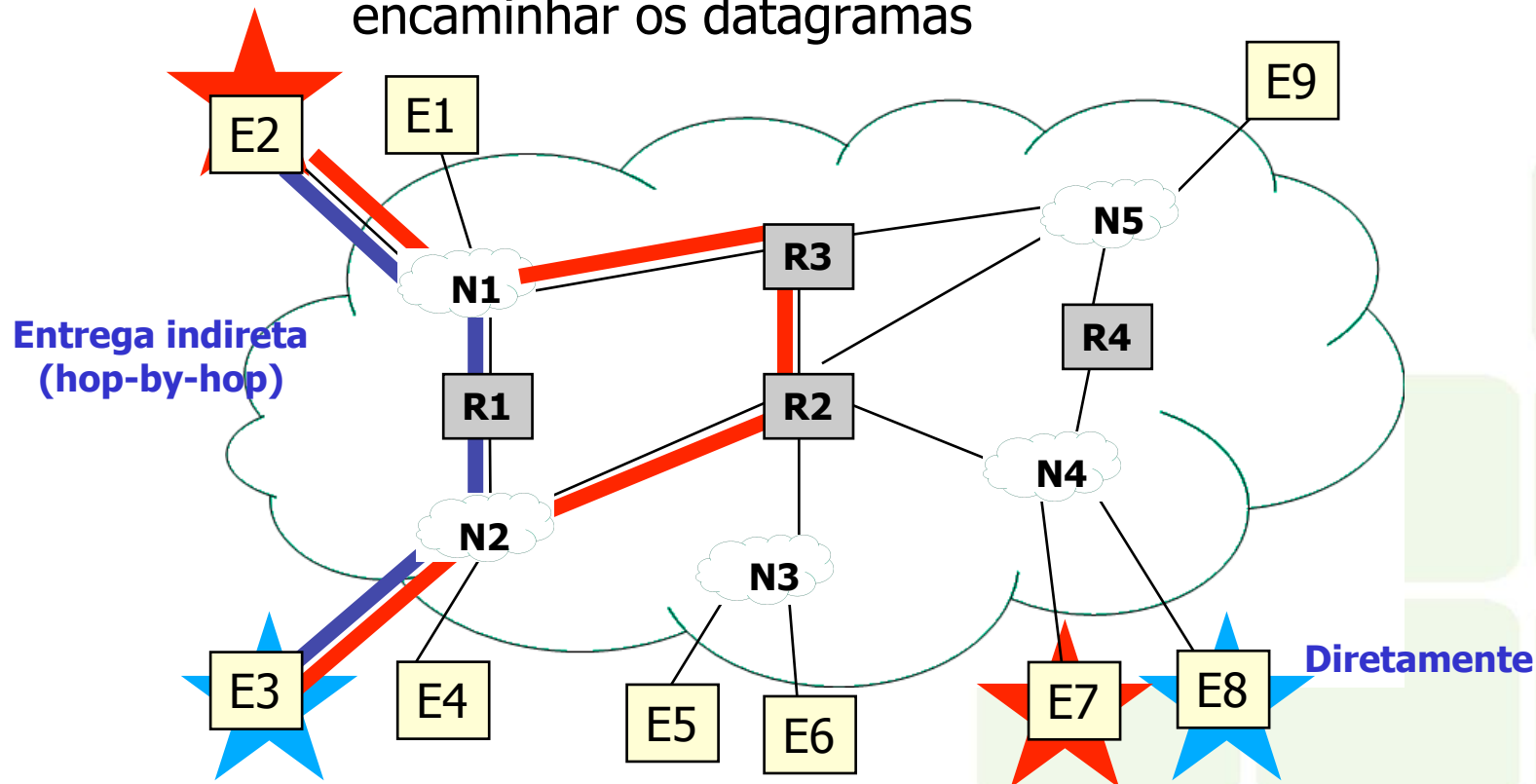
Introdução

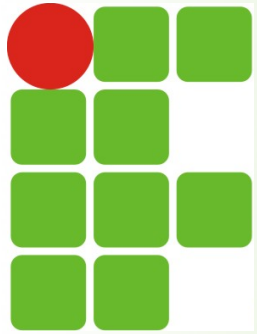
- Inter-rede TCP/IP
 - Composta por um conjunto de redes físicas interconectadas por roteadores
- Roteador
 - Roteia datagramas entre essas redes
 - Recebe datagramas nas várias interfaces
 - Escolhe rotas através de outras interfaces
 - Encaminha datagramas através das interfaces selecionadas



Introdução

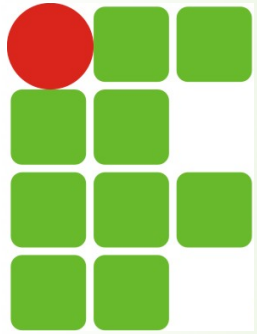
- Processo de roteamento
 - Escolha dos caminhos (rotas) a serem usadas para encaminhar os datagramas





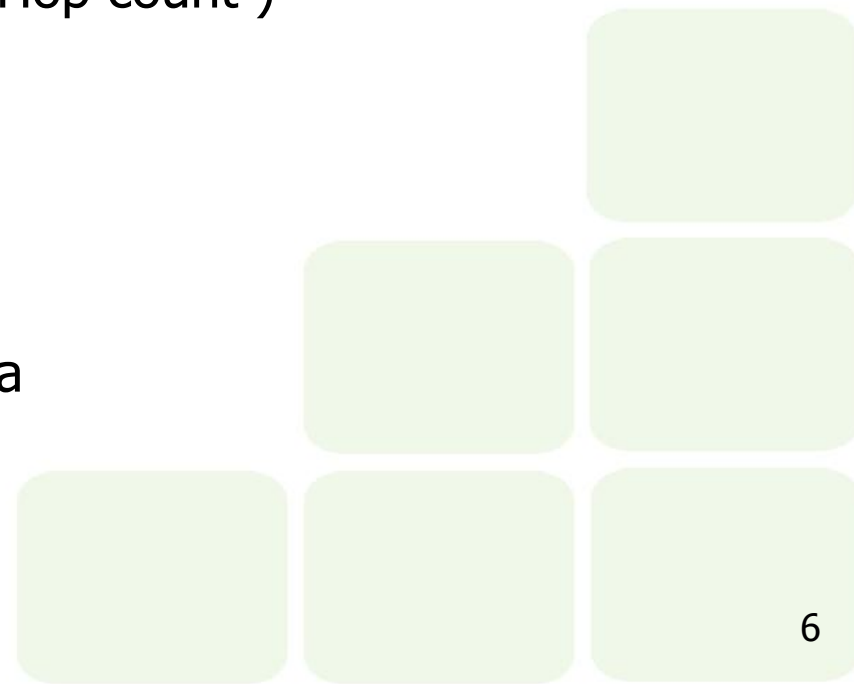
Fundamentos

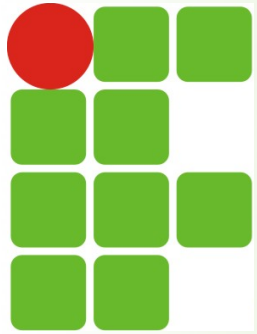
- Algoritmo de roteamento
 - Procedimento que toma as decisões de roteamento para cada datagrama
 - Implementado em todos os roteadores e estações da inter-rede
 - Encaminha os datagramas até os seus respectivos destinos finais
 - Descobre a melhor rota até o destino final de cada datagrama



Fundamentos

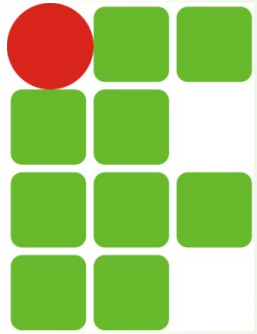
- Métricas de roteamento
 - Parâmetros qualitativos e operacionais adotados pelo algoritmo para selecionar as melhores rotas
 - Comprimento da rota (Hop count)
 - Retardo
 - Confiabilidade
 - Taxa de transmissão
 - Carga
 - Tamanho do datagrama
 - Tipo de serviço





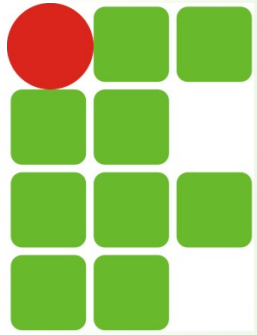
Fundamentos

- Métrica da rota
 - Número inteiro não negativo que indica a qualidade da rota
 - Derivada das métricas de roteamento
 - Algoritmos de roteamento adotam um número reduzido de métricas de roteamento
 - Métricas de roteamento são aplicadas a uma equação bem definida, gerando a métrica ou custo da rota
 - Quando menor a métrica, melhor a rota



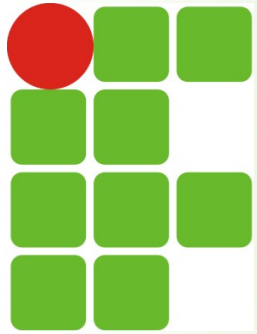
Fundamentos

- Tabela de roteamento
 - Matem informações de roteamento para todas as redes físicas da inter-rede
 - Descreve a topologia geral da inter-rede
 - Identifica rotas para todos os destinos
 - Sinaliza os custos das rotas, provendo a noção de melhor rota para cada destino
 - Direciona as decisões de roteamento realizadas pelo algoritmo de roteamento
 - Existe em todos os roteadores e estações.



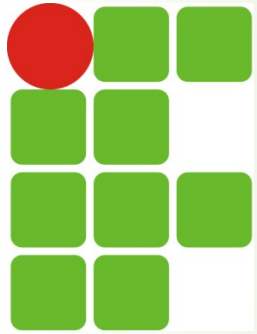
Fundamentos

- Tabela de roteamento
 - Adota um modelo de roteamento baseado em redes
 - Mantém rotas que apontam para prefixos de rede e não para estações individuais
 - Reduz a quantidade de informações armazenadas nas tabelas
 - Melhora a eficiência do roteamento
 - Torna o tamanho da tabela dependente do número de redes mas independente do número de estações



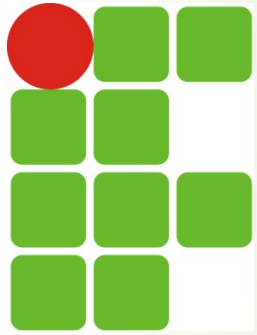
Fundamentos

- Protocolo de roteamento
 - Mecanismo que implementa a atualização automática das tabelas de roteamento nos vários roteadores
 - Atualizações são realizadas a partir das informações de roteamento propagadas e trocadas entre os roteadores
 - Propagações sinalizam mudanças operacionais das várias redes físicas
 - Permite a definição de tabelas completas e consistentes



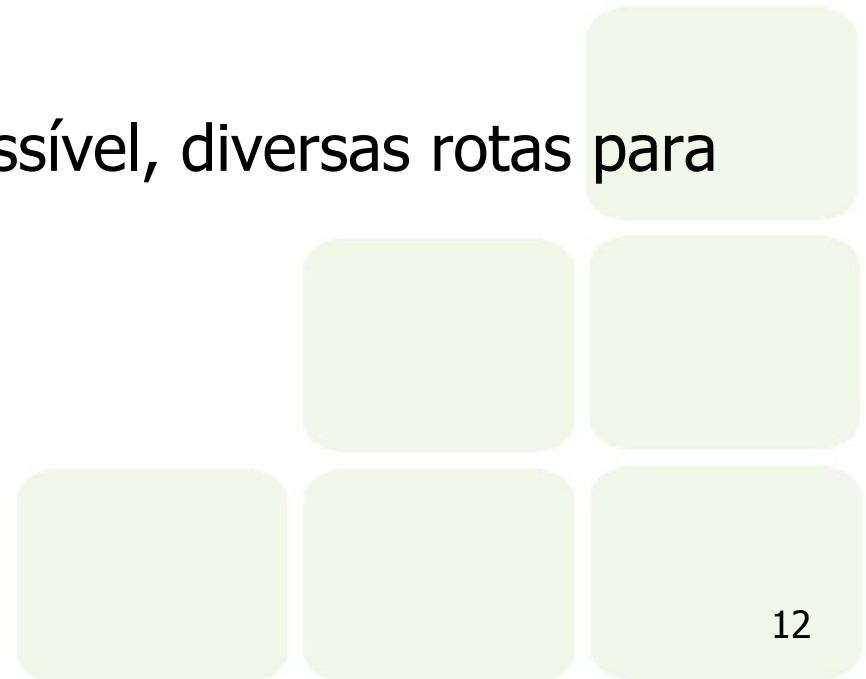
Fundamentos

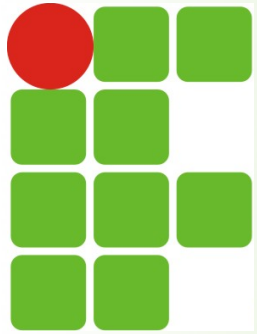
- Protocolo de roteamento
 - Diversos protocolos são padronizados
 - RIP (*Routing Information Protocol*)
 - OSPF (*Open Shortest Path First*)
 - BGP (*Border Gateway Protocol*)
 - Características operacionais diferenciam os protocolos de roteamento
 - Número de caminhos
 - Propagação das rotas
 - Organização estrutural
 - Hierarquia de roteamento
 - Propagação de máscara



Fundamentos

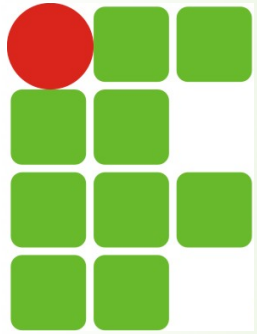
- Protocolo de roteamento
 - Número de caminhos
 - Instala uma única rota para cada destino
 - Múltiplos caminhos
 - Instala, quando possível, diversas rotas para cada destino





Fundamentos

- Protocolo de roteamento
 - Propagação de rotas
 - Vetor-distância (*Distance-vector*)
 - Periodicamente, envia informações de roteamento aos roteadores vizinhos
 - Propagações são realizadas de forma independente das mudanças operacionais
 - Estado de enlace (*Link-State*)
 - Inicialmente, envia informações sobre as redes físicas (enlaces) diretamente conectados a todos os roteadores
 - Novas propagações serão realizadas apenas após mudanças operacionais nos enlaces



Fundamentos

- Protocolo de roteamento

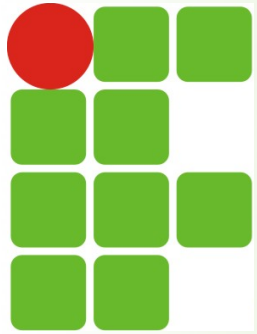
- Organização estrutural

- Estrutura plana

- roteadores desempenham o mesmo papel, realizando as mesmas funções

- Estrutura hierárquica

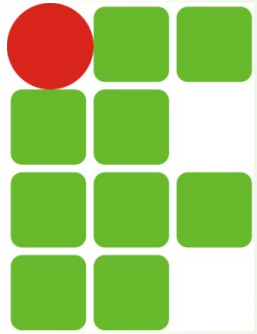
- Roteadores são organizados de forma hierárquica, desempenhando diferentes papéis
 - Função de cada roteador depende de sua localização física na inter-rede



Fundamentos

- Protocolo de roteamento
 - Hierarquia de roteamento
 - IRP (*Interior Routing Protocol*)
 - Protocolo de roteamento adotado dentro de sistemas autônomos
 - ERP (*Exterior Routing Protocol*)
 - Protocolo de roteamento adotando entre sistemas autônomos

Sistema autônomo é um conjunto de redes controladas por uma única autoridade administrativa, que possui autonomia para selecionar o protocolo de roteamento interior.



Fundamentos

- Protocolo de roteamento

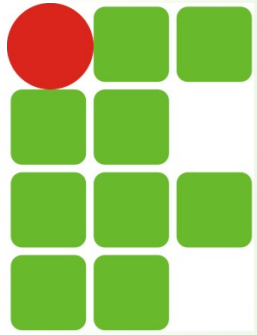
- Propagação de máscara

- Protocolo *Classfull*

- **Não inclui** as máscaras de rede quando propaga as informações de roteamento

- Protocolo *ClassLess*

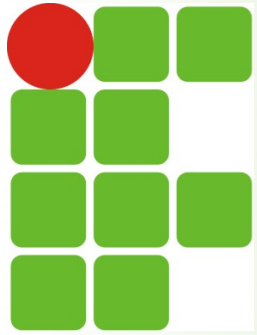
- **Inclui** as máscaras de rede quando propaga as informações de roteamento



Representação de rotas

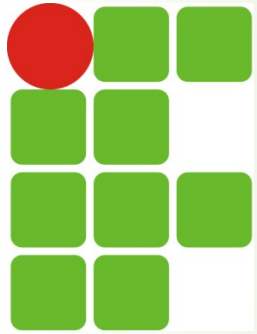
■ Modelo de roteamento

- A arquitetura TCP/IP adota o modelo de roteamento passo-a-passo (hop-by-hop)
 - Estações de uma mesma rede podem enviar datagramas diretamente entre si
 - Estações em redes diferentes devem enviar os datagramas ao próximo roteador do caminho (next hop)
 - Datagramas são encaminhados de um roteador para outro, até que possam ser entregues diretamente



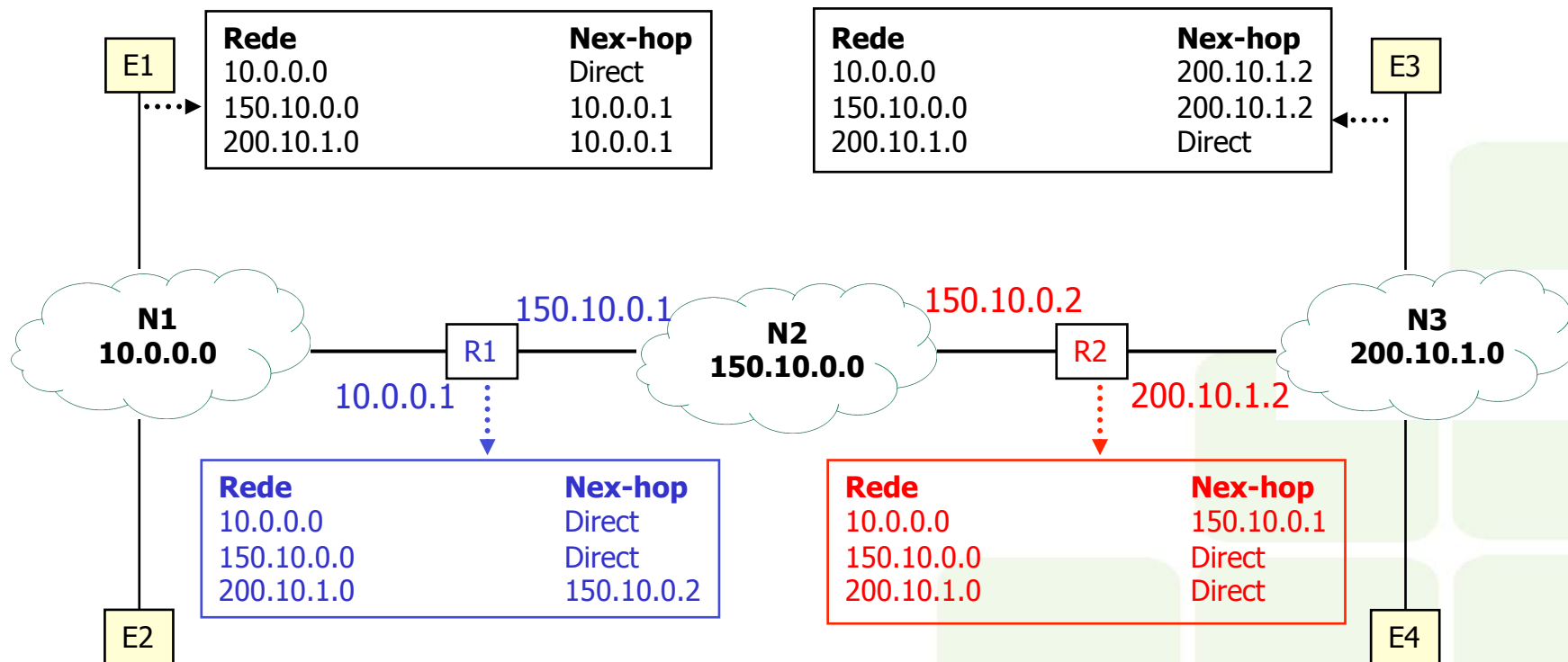
Representação de rotas

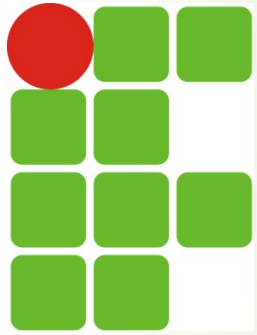
- Tabela de roteamento
 - Rotas indicam apenas o próximo roteador (next-hop) do caminho até o destino
 - Roteadores e estações não conhecem o caminho completo até o destino
 - Rotas são representadas por pares (N,R)
 - N: Endereço da rede de destino
 - R: Próximo roteador (next-hop)
 - O próximo roteador R deve residir em uma rede diretamente conectada
 - Para redes diretamente conectada, R é apenas uma indicação de entrega direta



Representação de rotas

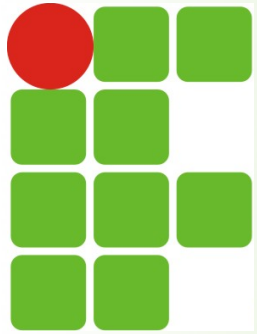
■ Tabela de roteamento





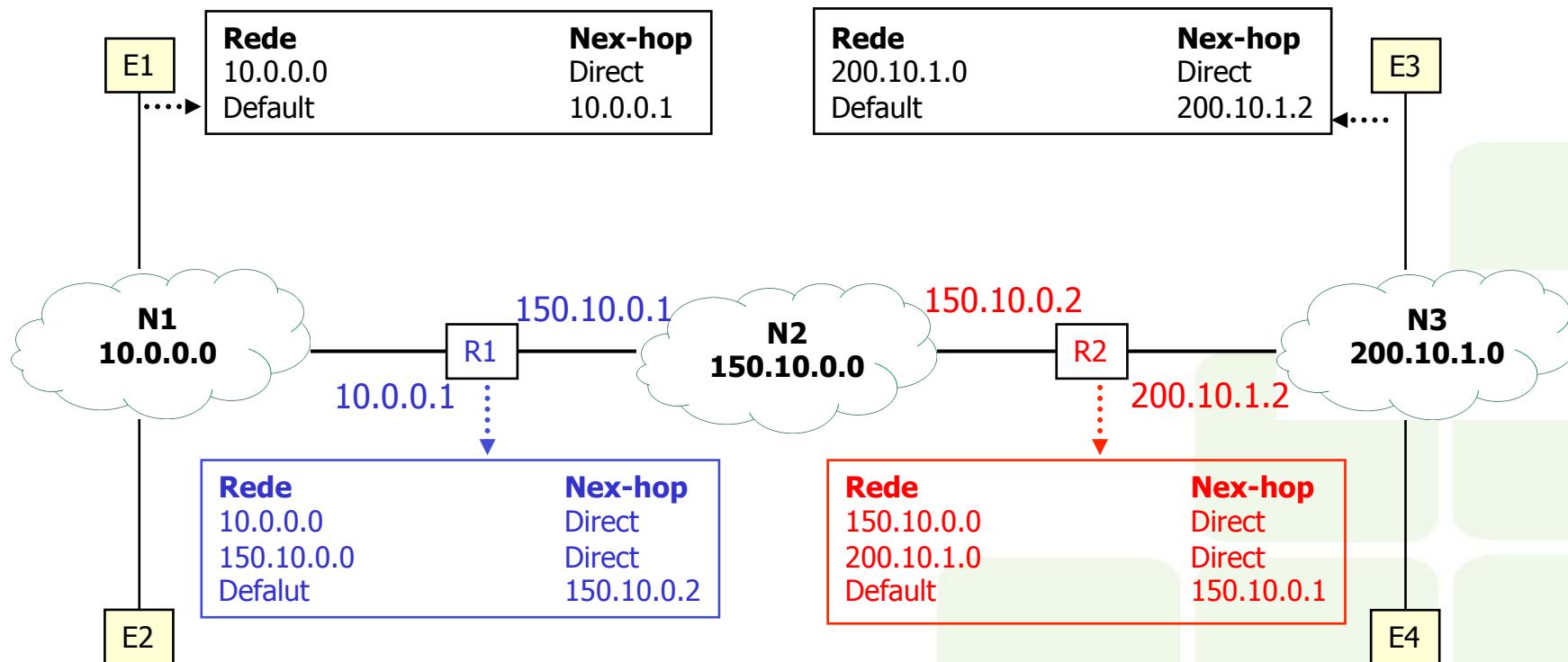
Representação de rotas

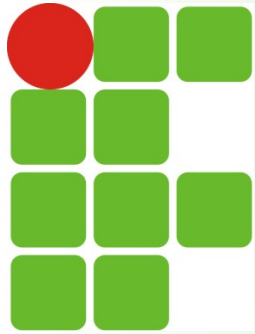
- Rota default
 - Consolidam diversas rotas em apenas uma única entrada na tabela de roteamento
 - Reduzem o tamanho das tabelas de roteamento
 - Tornam o roteamento mais eficiente
 - São representadas por um par (N,R)
 - N: Endereço reservado 0.0.0.0
 - R: Endereço do próximo roteador
 - São adotadas somente quando não existe uma rota para a estação ou rede destino



Representação de rotas

■ Rotas default





Representação de rotas

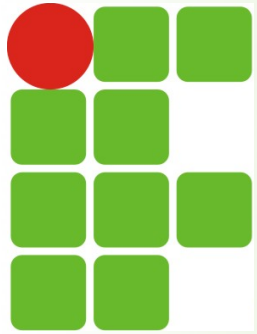
■ Listando tabelas de roteamento

■ Estações Linux

```
root@ubuntu:~# route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
192.168.0.0      0.0.0.0         255.255.255.0   U        0      0        0 eth0
0.0.0.0          192.168.0.1     0.0.0.0         UG       0      0        0 eth0
root@ubuntu:~# _
```

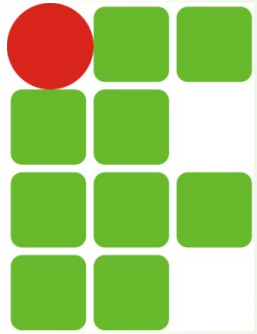
■ Estações Microsoft windows

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>route print
=====
Lista de interfaces
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x10003 ...00 11 2f 40 ef 97 ..... UIA Compatable Fast Ethernet Adapter - Minip
orta do agendador de pacotes
=====
Rotas ativas:
Endereço de rede      Máscara      Ender. gateway      Interface      Custo
0.0.0.0               0.0.0.0       192.168.0.1         192.168.0.158  20
127.0.0.0             255.0.0.0     127.0.0.1          127.0.0.1      1
192.168.0.0           255.255.255.0 192.168.0.158     192.168.0.158  20
192.168.0.158        255.255.255.255 127.0.0.1          127.0.0.1      20
192.168.0.255        255.255.255.255 192.168.0.158     192.168.0.158  20
224.0.0.0             240.0.0.0     192.168.0.158     192.168.0.158  20
255.255.255.255      255.255.255.255 192.168.0.158     192.168.0.158  1
Gateway padrão:      192.168.0.1
=====
Rotas persistentes:
Nenhuma
C:\>_
```



Estratégias de roteamento

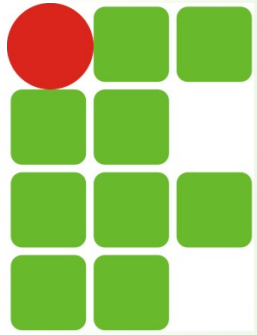
- Roteamento estático
 - Permite instalar ou remover manualmente rotas estáticas
 - Rotas devem ser atualizadas após mudanças na inter-rede
 - O administrador deve atualizar as rotas manualmente
 - Processo lento e sujeito a erros
 - Não acomoda crescimento e mudanças da inter-rede de forma satisfatória
 - Adequado para inter-redes pequenas, simples e estáveis
 - Comandos de configuração de rotas são incluídos em arquivos de inicialização



Estratégias de roteamento

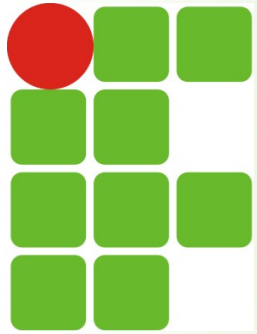
- Roteamento estático em estações Linux

```
> route add -net 200.10.1.0 netmask 255.255.255.0 gw 192.168.0.254  
> route add default gw 192.168.0.1
```

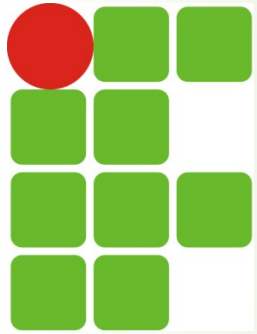
Estratégias de roteamento

- Roteamento dinâmico
 - Adota protocolos de roteamento para criar, remover e atualizar rotas dinamicamente
 - Rotas são manipuladas de forma automática, rápida e confiável
 - Melhora a confiabilidade da rede e o tempo de resposta às mudanças operacionais
 - É adequado para inter-redes grandes, complexas e instáveis
 - É adequado também a redes pequenas como rotas redundantes e freqüentes mudanças



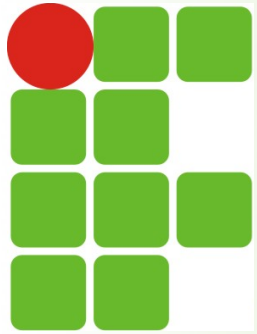
Estratégias de roteamento

- Roteamento híbrido
 - Inicialmente as tabelas de roteamento são configuradas como rotas estáticas
 - Rotas diretas para redes diretamente conectadas
 - Rotas estáticas para redes que provêem serviços essenciais
 - Posteriormente, protocolos de roteamento complementam as tabelas de roteamento
 - Rotas dinâmicas para as demais redes físicas que compõem a inter-rede



Arquiteturas de roteamento

- Arquitetura *Classfull*
 - Adota o esquema de endereçamento e protocolos de roteamento *classfull*
 - Protocolos de roteamento **não** propagam as máscaras das sub-redes
 - Algoritmos de roteamento devem deduzir as máscaras das sub-redes
 - Assume que as sub-redes, derivadas de um endereço classe A, B ou C, adotam máscaras idênticas
 - Suportam apenas sub-redes com máscara de tamanho fixo

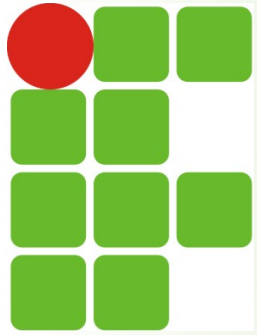


Arquiteturas de roteamento

■ Arquitetura *Classfull*

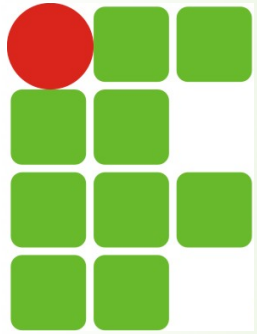
■ Algoritmo de roteamento

- Extrair o endereço IP destino (D) do datagrama;
- Determinar o endereço da rede ou sub-rede (N);
 - Identificar o endereço da rede (C) classe A, B ou C;
 - Deduzir a máscara de rede ou sub-rede destino (S);
 - Se existe alguma interface de sub-redes do endereço de rede C
 - Deduzir a máscara S a partir da configuração da dessa interface
 - Senão
 - Assumir que a máscara S é igual a máscara default da rede C
 - Deduzir o endereço da rede ou sub-rede destino ($N = D \text{ and } S$)
- Se existe rota para o destino D
 - Rotear o datagrama para o roteador R e sair
- Se existe rota para a rede N
 - Rotear o datagrama diretamente ou via roteador R dessa rota e sair
- Se existe rota default
 - Rotear o datagrama para o roteador R na rota default e sair
- Gerar mensagem de erro, descartar o datagrama



Arquiteturas de roteamento

- Arquitetura *Classless*
 - Adota o esquema de endereçamento e protocolos de roteamento *classless*
 - Protocolos de roteamento propagam as máscaras das sub-redes
 - Algoritmos de roteamento **sempre** conhece as máscaras das sub-redes
 - Permite que as sub-redes, derivadas de um endereço de bloco, adotem máscaras diferentes
 - Suportam sub-redes com máscara de tamanho variável



Arquiteturas de roteamento

- Arquitetura *Classless*
 - Algoritmo de roteamento

- Extrair o endereço IP destino (D) do datagrama;
- Para cada rota i da tabela, declarar a rota possível se $N=(D \text{ and } S)$;
- Se existe alguma rota possível
 - Selecionar a rota com maior prefixo de rede
 - Rotear o datagrama para o roteador R dessa rota e sair
- Gerar mensagem de erro, descartar o datagrama