Redes de Computadores

Mininet e OpenDaylight

Prof. Rodrigo de Souza Couto

Atenção

- Esta aula de laboratório ainda está na versão Beta, algumas atividades podem não funcionar
- Além disso, ainda é necessário um trabalho de formatação destes slides, que foram feitos a partir da colagem de vários slides de minha autoria

PREPARAÇÃO DO AMBIENTE

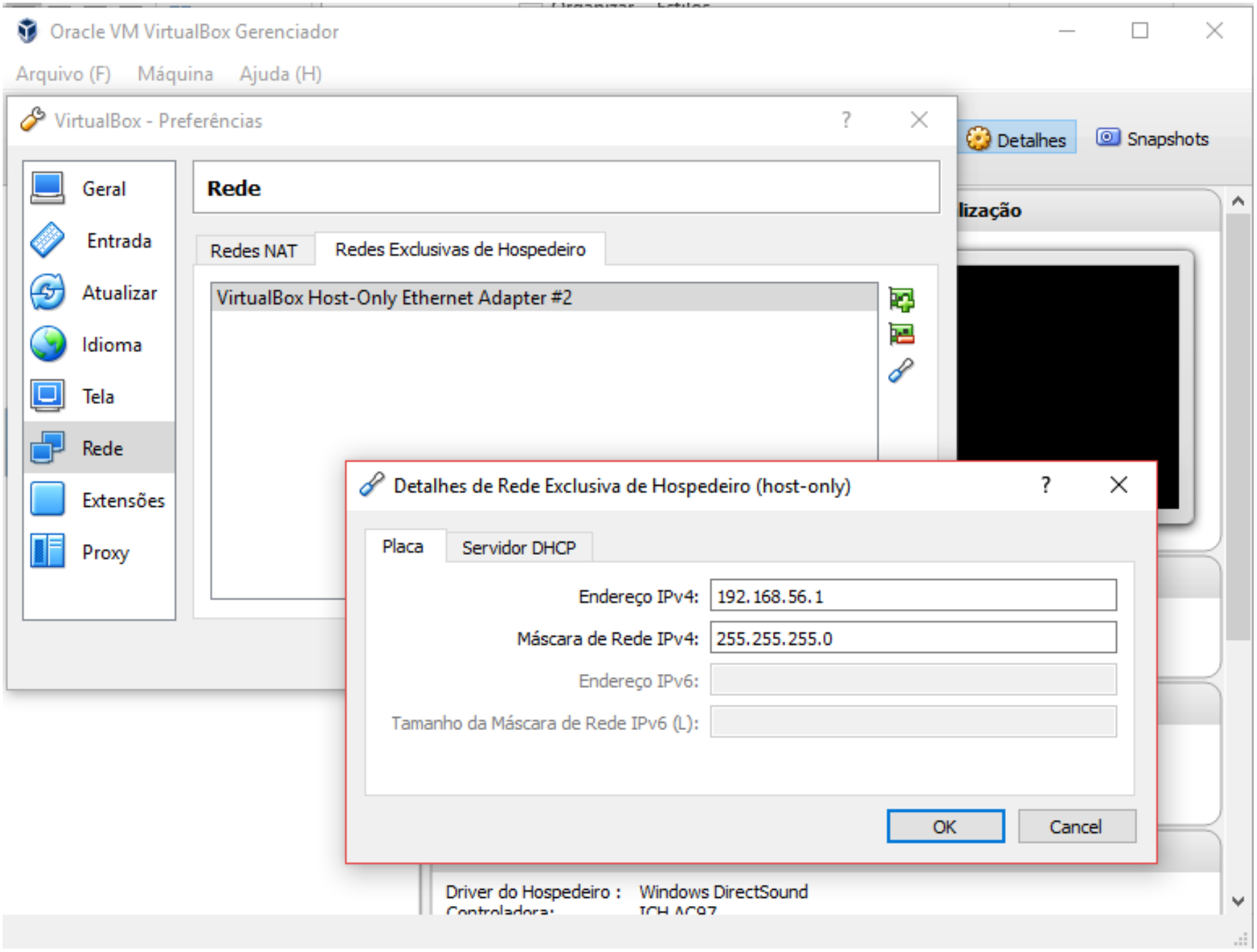
Preparação da VM utilizando uma appliance

- Instale o Virtualbox
  - https://www.virtualbox.org/
- Baixe a appliance disponibilizada pelo professor
  - Link no email ou transferência física
- No virtualbox, importe a appliance e siga as instruções
  - Arquivo->Importar Appliance Virtual

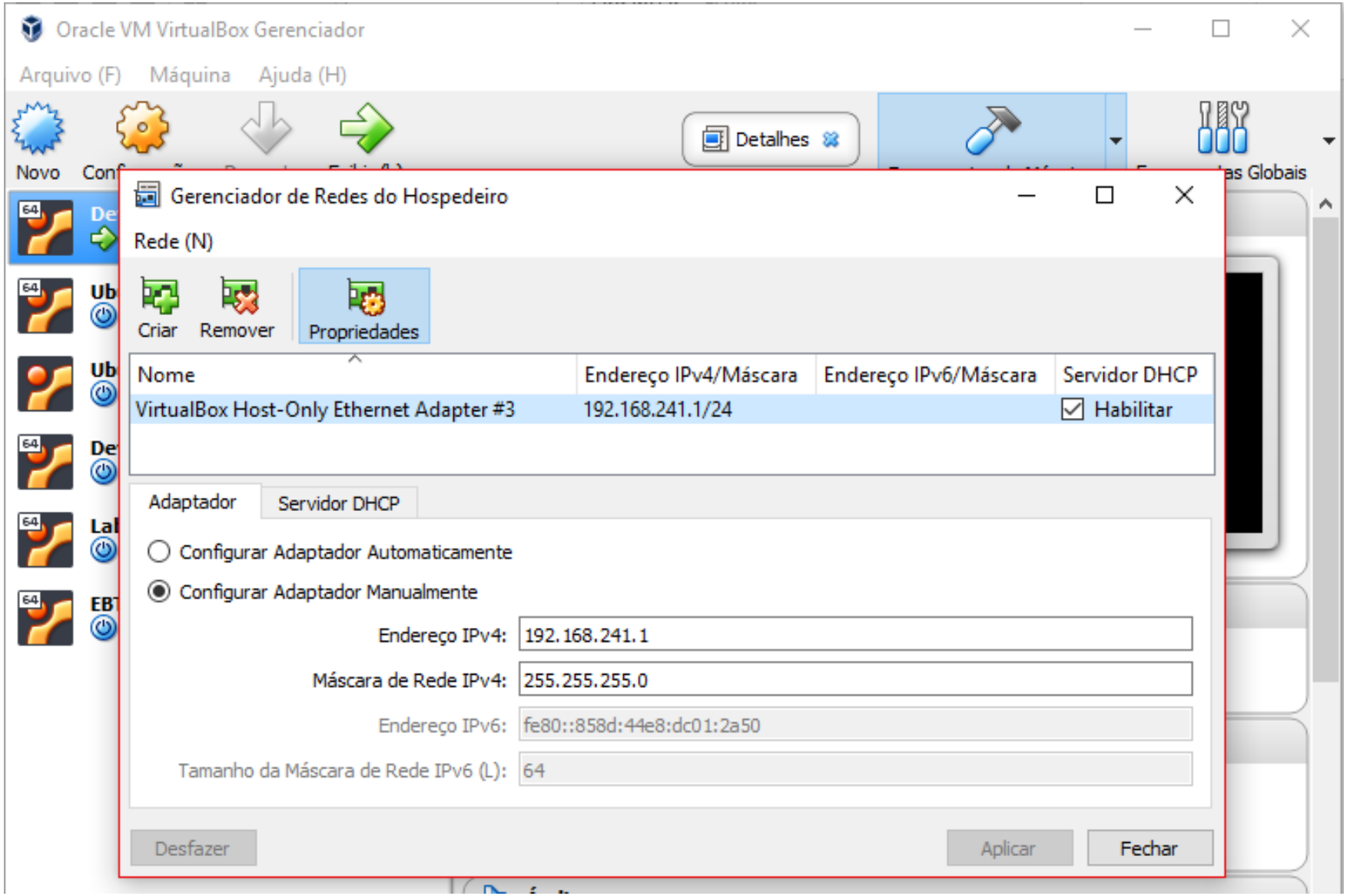
Conectividade da VM com o hospedeiro

- No virtualbox, vá em Arquivo->Preferências->Rede
  - Na aba "Rede Exclusivas do Hospedeiro" verifique se já existe uma rede criada
    - Se existir, edite a rede para ter a seguinte configuração
      - IP: 192.168.241.1
      - Máscara: 255.255.255.0
      - DHCP habilitado
    - Se não existir, crie uma nova e coloque as configs acima
  - Na versão mais recente o procedimento é diferente:
    - Arquivo->Host Network manager
- Veja exemplo no slide 12
  - Dependendo da versão do Virtualbox, interface pode ser diferente. Veja outro exemplo de interface no slide 13

6


Oracle VM VirtualBox Gerenciador
Arquivo (F)
Máquina
Ajuda (H)
VirtualBox - Preferências
Geral
Entrada
Atualizar
Idioma
Tela
Rede
Extensões
Proxy
Rede
Redes NAT
Redes Exclusivas de Hospedeiro
VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter #2
Detalhes
Snapshots
Detalhes de Rede Exclusiva de Hospedeiro (host-only)
Placa
Servidor DHCP
Endereço IPv4: 192.168.56.1
Máscara de Rede IPv4: 255.255.255.0
Endereço IPv6:
Tamanho da Máscara de Rede IPv6 (L):
OK
Cancel
Driver do Hospedeiro : Windows DirectSound

7

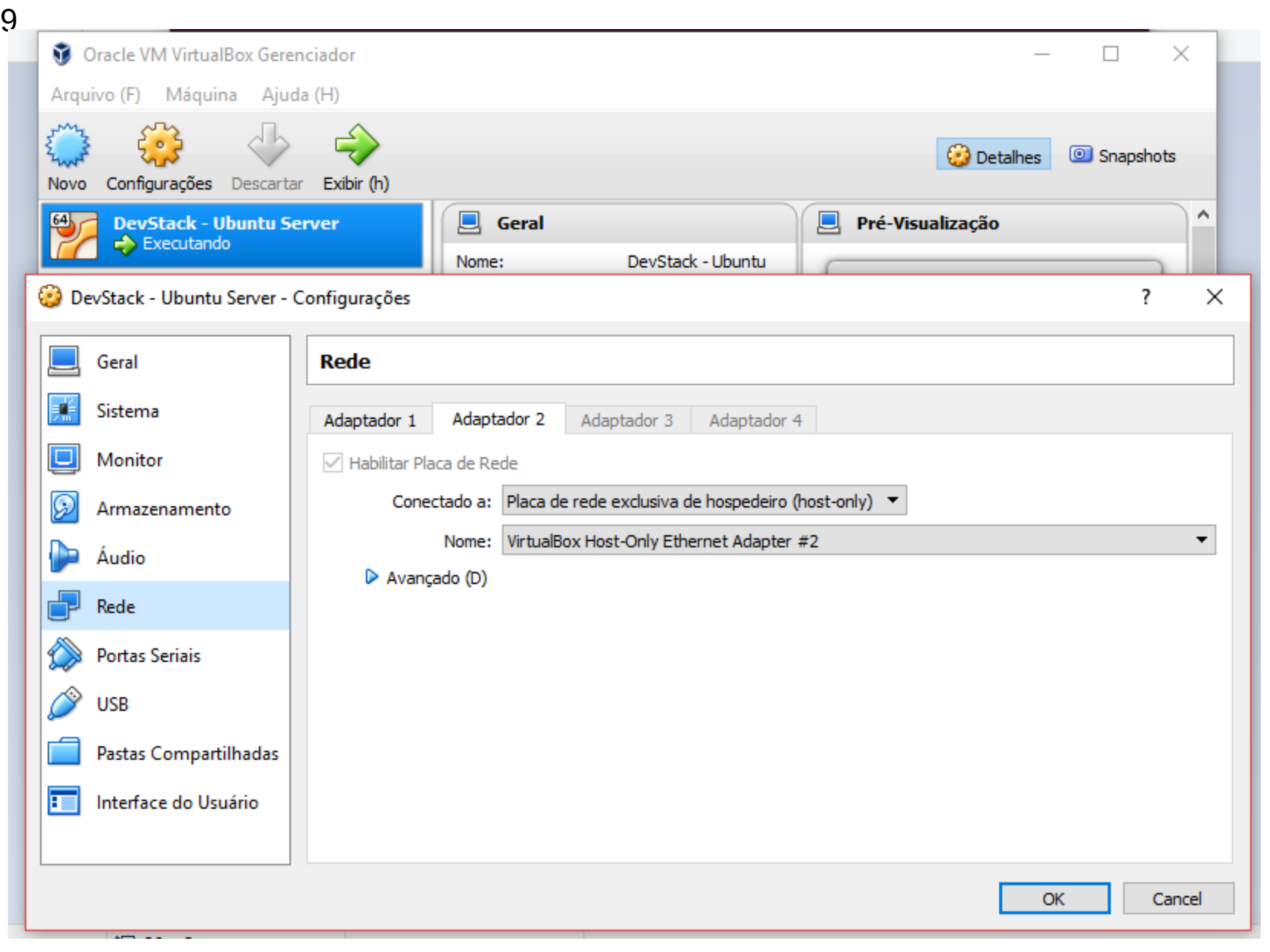

Oracle VM VirtualBox Gerenciador
Arquivo (F)
Máquina
Ajuda (H)
Novo
Detalhes
Gerenciador de Redes do Hospedeiro
Rede (N)
Criar
Remover
Propriedades
Nome
Endereço IPv4/Máscara
Endereço IPv6/Máscara
Servidor DHCP
VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter #3
192.168.241.1/24
Habilitar
Adaptador
Servidor DHCP
Configurar Adaptador Automaticamente
Configurar Adaptador Manualmente
Endereço IPv4:
192.168.241.1
Máscara de Rede IPv4:
255.255.255.0
Endereço IPv6:
fe80::858d:44e8:dc01:2a50
Tamanho da Máscara de Rede IPv6 (L):
64
Desfazer
Aplicar
Fechar

Conectividade da VM com o hospedeiro

- Com a VM desligada, clique em seu nome com o botão esquerdo e vá em Configurações->Rede->Adaptador 2
  - Marque a caixa "Habilitar Placa de Rede"
  - Na opção "conectado a", escolha "Placa de rede exclusiva de hospedeiro"
    - Após isso, escolha em "Nome" a rede configurada na etapa anterior

- Veja o exemplo no slide seguinte

9


Oracle VM VirtualBox Gerenciador
Arquivo (F)
Máquina
Ajuda (H)
Novo
Configurações
Descartar
Exibir (h)
Detalhes
Snapshots
DevStack - Ubuntu Server
Executando
Geral
Nome:
DevStack - Ubuntu
Pré-Visualização
DevStack - Ubuntu Server - Configurações
Geral
Sistema
Monitor
Armazenamento
Áudio
Rede
Portas Seriais
USB
Pastas Compartilhadas
Interface do Usuário
Rede
Adaptador 1
Adaptador 2
Adaptador 3
Adaptador 4
Habilitar Placa de Rede
Conectado a:
Placa de rede exclusiva de hospedeiro (host-only)
Nome:
VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter #2
Avançado (D)
OK
Cancel

IP de comunicação da VM com o hospedeiro

- Inicie a VM e faça login
  - Usuário: curso
  - Senha: cursosdn
- Execute o comando ifconfig pra descobrir o IP que foi atribuído à VM. IP estará na faixa 192.168.241.X
  - sudo ifconfig
- O IP acima será utilizado para acesso SSH à VM e para acesso à interface web do ODL

Acessando a VM no Linux

- Basta apenas usar o comando ssh

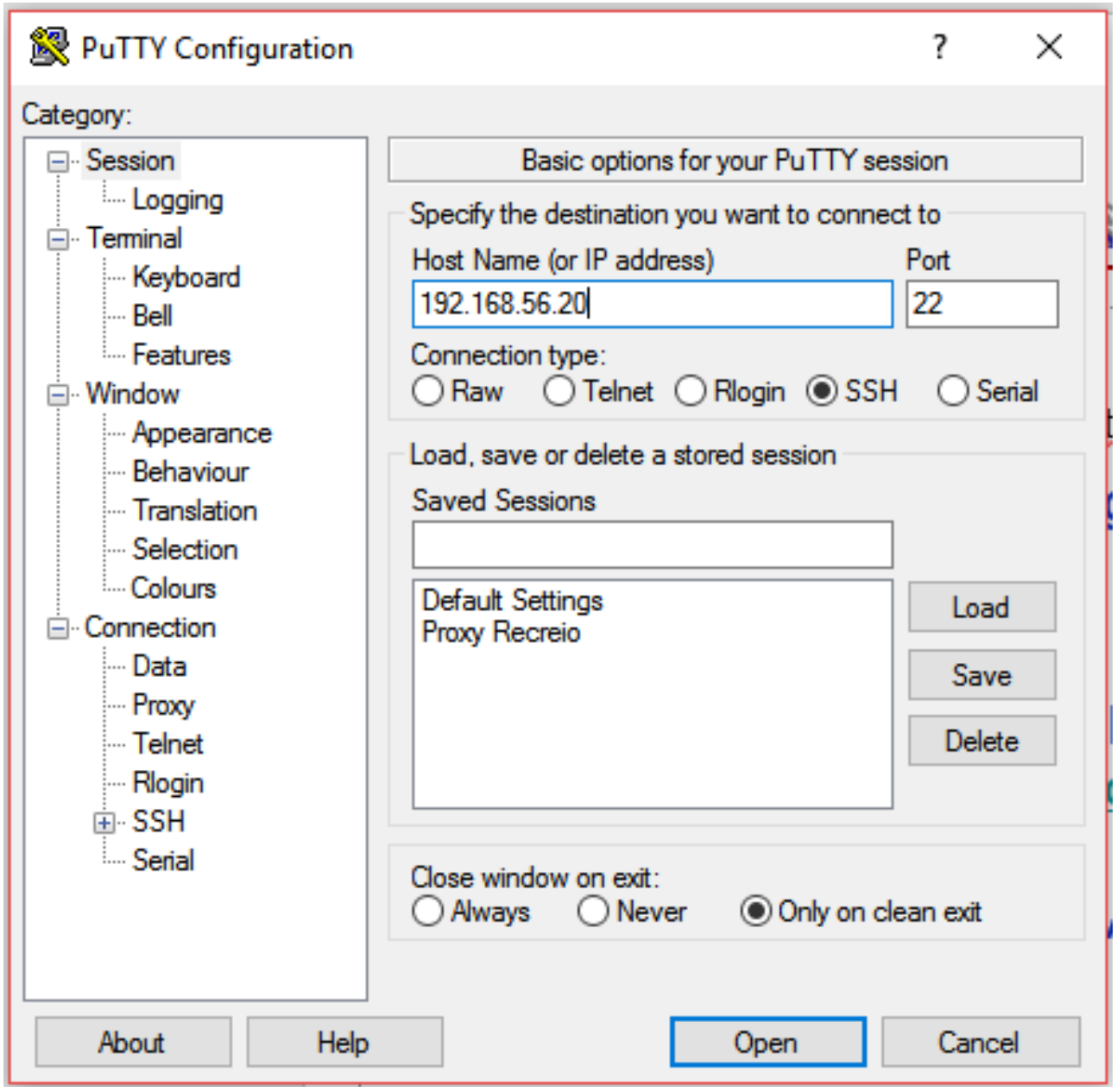
Acessando a VM no Windows

- No hospedeiro, baixe o putty para realizar o ssh
  - https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html
- Utilizando o putty, acesse a VM no endereço obtido anteriormente
  - Utilize seu login e sua senha quando for solicitado
  - Veja tela a seguir
- Para envio de arquivos do Windows à VM, use o WINSCP
  - https://winscp.net/eng/download.php

A partir de agora, caso não seja dito o contrário, todos os passos consideram acesso à VM e por SSH

ATENÇÃO!!! Caso vc use esta opção, substitua todas as instruções relacionadas a "localhost" pelo IP de sua VM

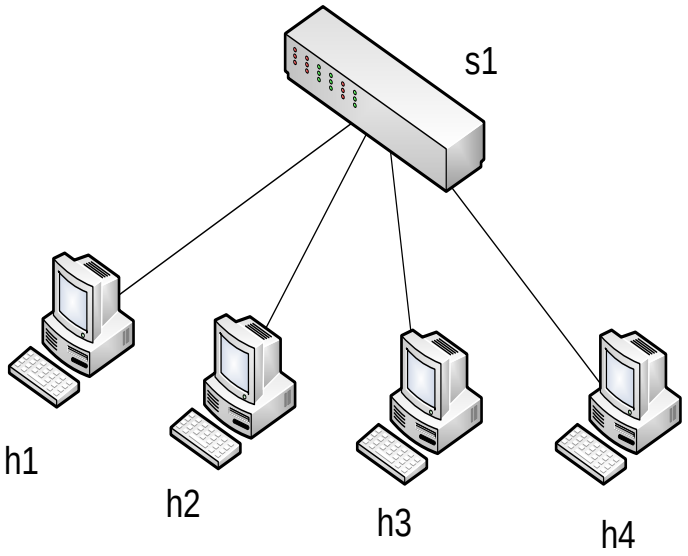
13


PuTTY Configuration
?
Category:
Session
Logging
Terminal
Keyboard
Bell
Features
Window
Appearance
Behaviour
Translation
Selection
Colours
Connection
Data
Proxy
Telnet
Rlogin
SSH
Serial
Basic options for your PuTTY session
Specify the destination you want to connect to
Host Name (or IP address)
Port
192.168.56.20
22
Connection type:
Raw
Telnet
Rlogin
SSH
Serial
Load, save or delete a stored session
Saved Sessions
Default Settings
Proxy Recreio
Load
Save
Delete
Close window on exit:
Always
Never
Only on clean exit
About
Help
Open
Cancel

UTILIZANDO O MININET

Primeiro Contato

- Verifiquem ao arquivo aula01_a.py
  - Vejam os comentários
  - Execute o arquivo como
    - sudo python aula01_a.py



- Dicas
  - Se aparecer algum erro de que o controlador já está executando ou algo do tipo, limpe o mininet
    - sudo mn –c
  - Ou procure o processo do pox e mate-o
    - "ps aux | grep pox", veja o nr do processo e mate com "kill -9 nrProcesso"

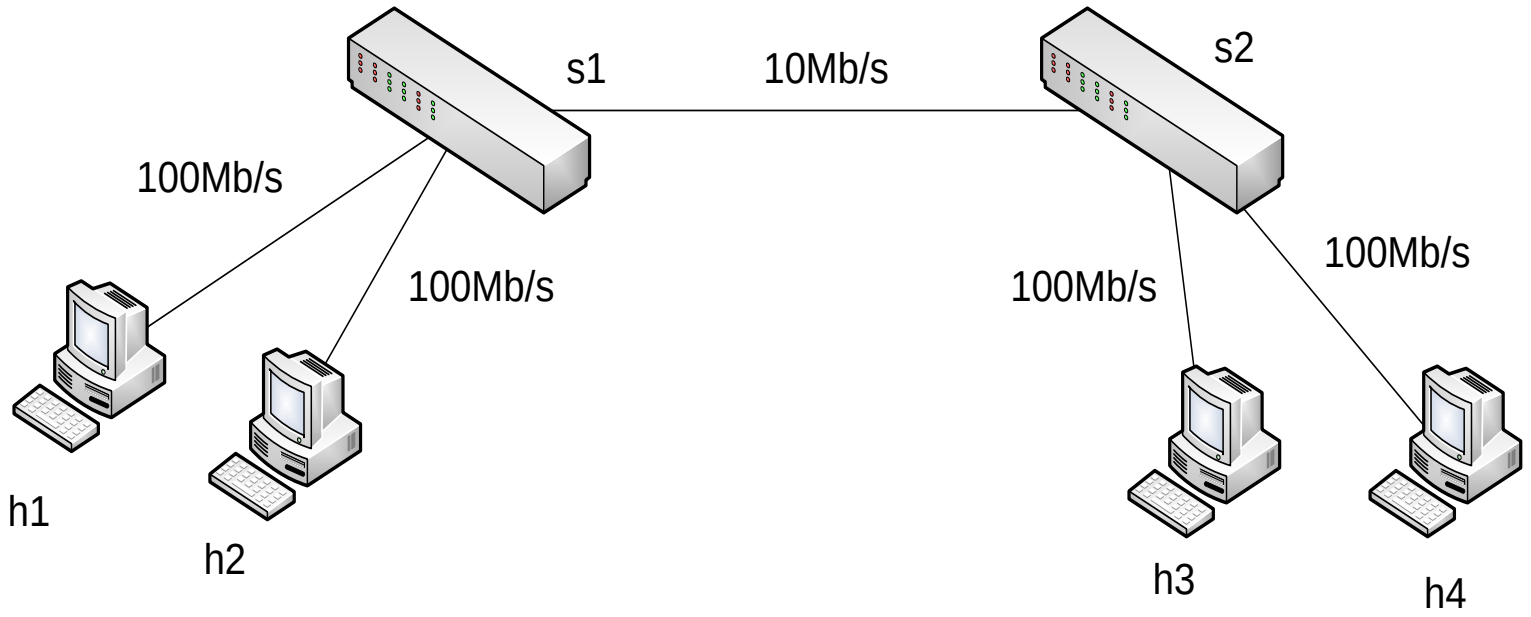
Atividade 1
Características dos enlaces

- Mude a banda dos enlaces e realize testes com iperf

- Mude a latência do links e realize testes com o ping

Atividade 2
Criação de topologia

- Modifique o arquivo para criar a seguinte rede



Atividade 3
Utilização do iperf

- Na rede da atividade anterior, teste a banda entre os diversos hosts

Atividade 4
Utilização de comandos reais

- Os hosts no mininet podem ser vistos como computadores reais. Assim, é possível executar comandos reais neles

- Veja o arquivo "aula1_b.py", que consiste em uma modificação do "aula1_a.py", só que com o iperf executando de forma "real"

Atividade 5
Iperf em paralelo

- Na rede da Atividade 2 coloque TODOS os links em 10Mb/s

- Após isso, realize dois teste de iperf em paralelo de h1 para h2 e h3 para h4
  - Anote os valores obtidos

Atividade 6
Aplicação L2 learning

- Substitua a aplicação hub pela l2 learning e repita o teste anterior
  - "forwarding.hub" -> "forwarding.l2_learning"

- Após isso, realize dois testes de iperf em paralelo de h1 para h2 e h3 para h4
  - Compare os valores obtidos com a Atividade 5

Atividade 7
Parâmetros do Iperf

- Na linha de comando do Linux, faça "man iperf" para ver as possíveis opções e as utilize no programa

Atividade 8
Comando ping

- Substitua um dos pings do arquivo por um ping "real"
  - P.ex. 10 pings de h1 para h2
    - "h1.cmd('ping -c 10 ' + h2_ip + ' > /tmp/resultping ')"

- Explore as opções do ping com "man ping" e teste diversas opções

COMEÇANDO A USAR O ODL

Inicialização do ODL

- Pare os serviços do openvswitch
  - sudo service openvswitch-controller stop
  - sudo service openvswitch-switch stop
- Entre no diretório e execute o Karaf
  - cd ~/distribution-karaf-0.6.1-Carbon/
  - ./bin/karaf
- Já no karaf, instale a aplicação L2 switch
  - feature:install odl-l2switch-switch-ui
- Instale também a aplicação DLUX (interface gráfica de gerenciamento)
  - feature:install odl-dluxapps-applications

Carregando módulos para RESTCONF e YANG

- Utilizados para realizar requisições e configuração de fluxos
  - Detalhes mais adiante
- No karaf, faça:
  - feature:install odl-restconf-all
  - feature:install odl-dluxapps-yangui
  - feature:install odl-dluxapps-nodes

Testando com o Mininet

- Abra o arquivo aula01_c.py para verificar como chamar um controlador externo
- Abra um outro terminal e inicie o openvswitch
  - sudo service openvswitch-switch start
- Execute o arquivo aula01_c.py. Se os host pingarem, significa que o ODL foi bem instalado, bem como sua aplicação L2-learning. Apenas os primeiros pings serão perdidos.
  - sudo python aula01_c.py
- A aplicação acima não irá terminar. O programa entrará na linha de comando do Mininet. Isso será útil para deixar a rede ligada para executarmos a próxima etapa.

Testando interface gráfica do ODL

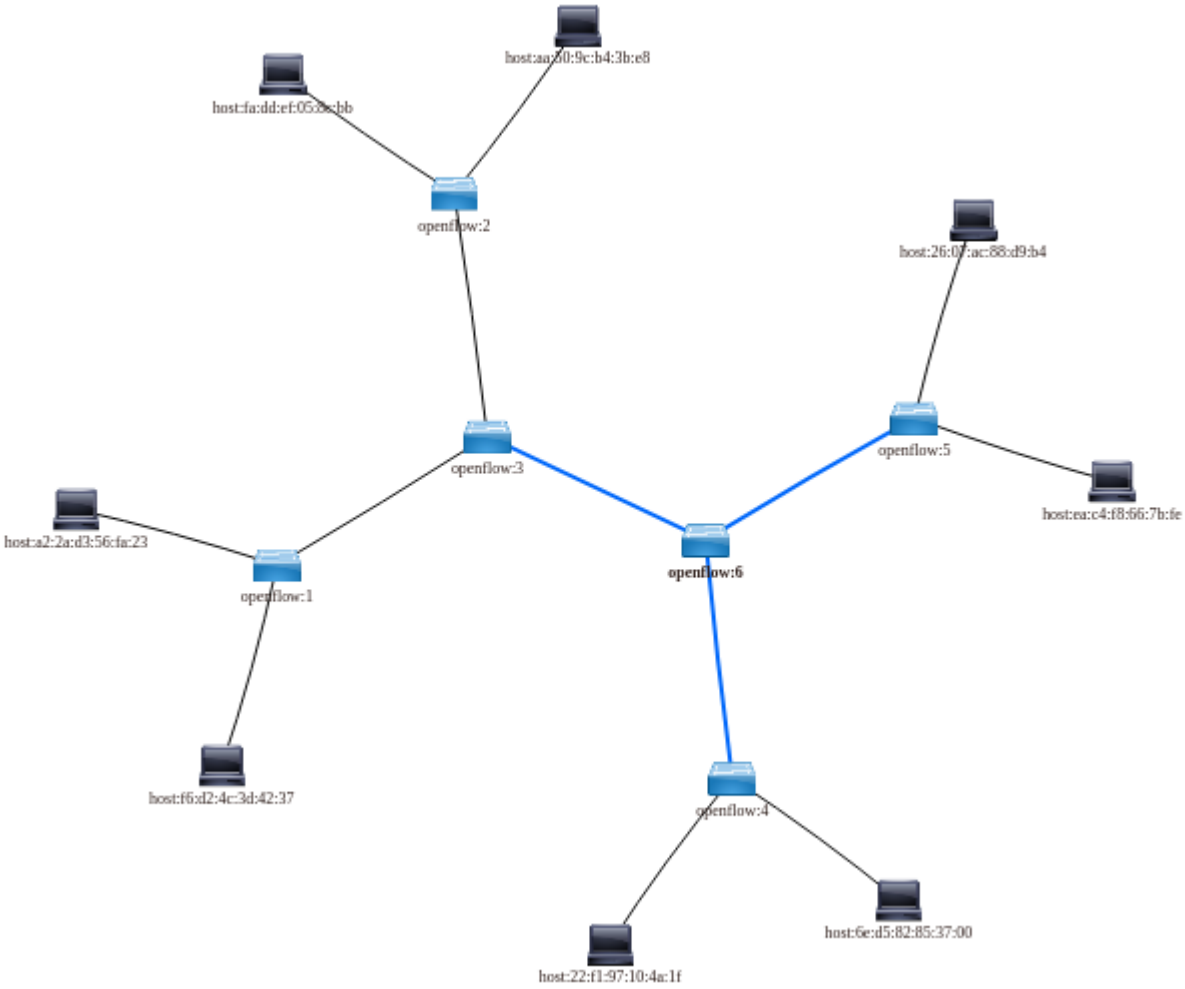
- http://localhost:8181/index.html
  - Usuário: admin
  - Senha: admin

- Entre na aba de Topology

- Verifique se a topologia é a mesma que a especificada em aula01_c.py

LEMBRE-SE!!! Caso vc use VM c/ Ubuntu Server, substitua todas as instruções relacionadas a "localhost" pelo IP de sua VM

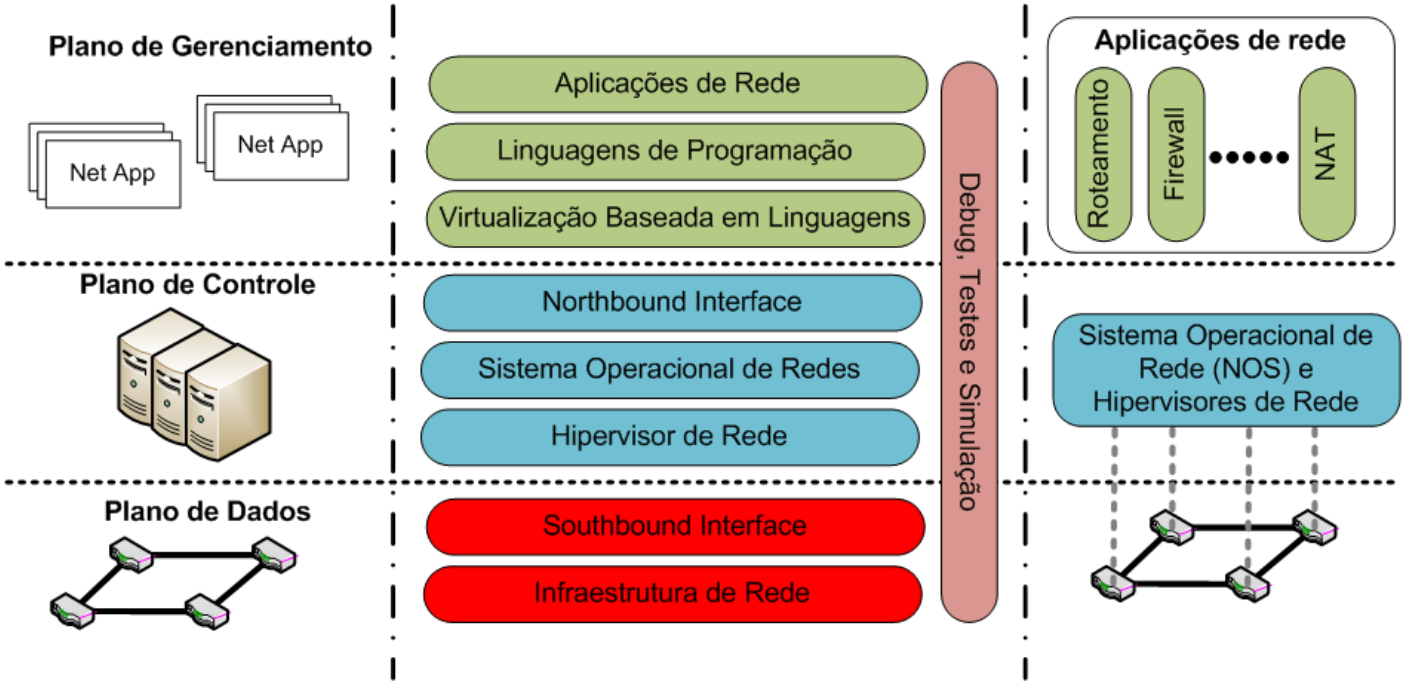
Topologia do arquivo aula01_c.py



DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES NO OPENDAYLIGHT

Relembrando a arquitetura SDN

- Controlador deve, pelo menos, oferecer uma Northbound Interface
- Comandos da Northbound serão traduzidas para mensagens OpenFlow



Arquitetura Opendaylight

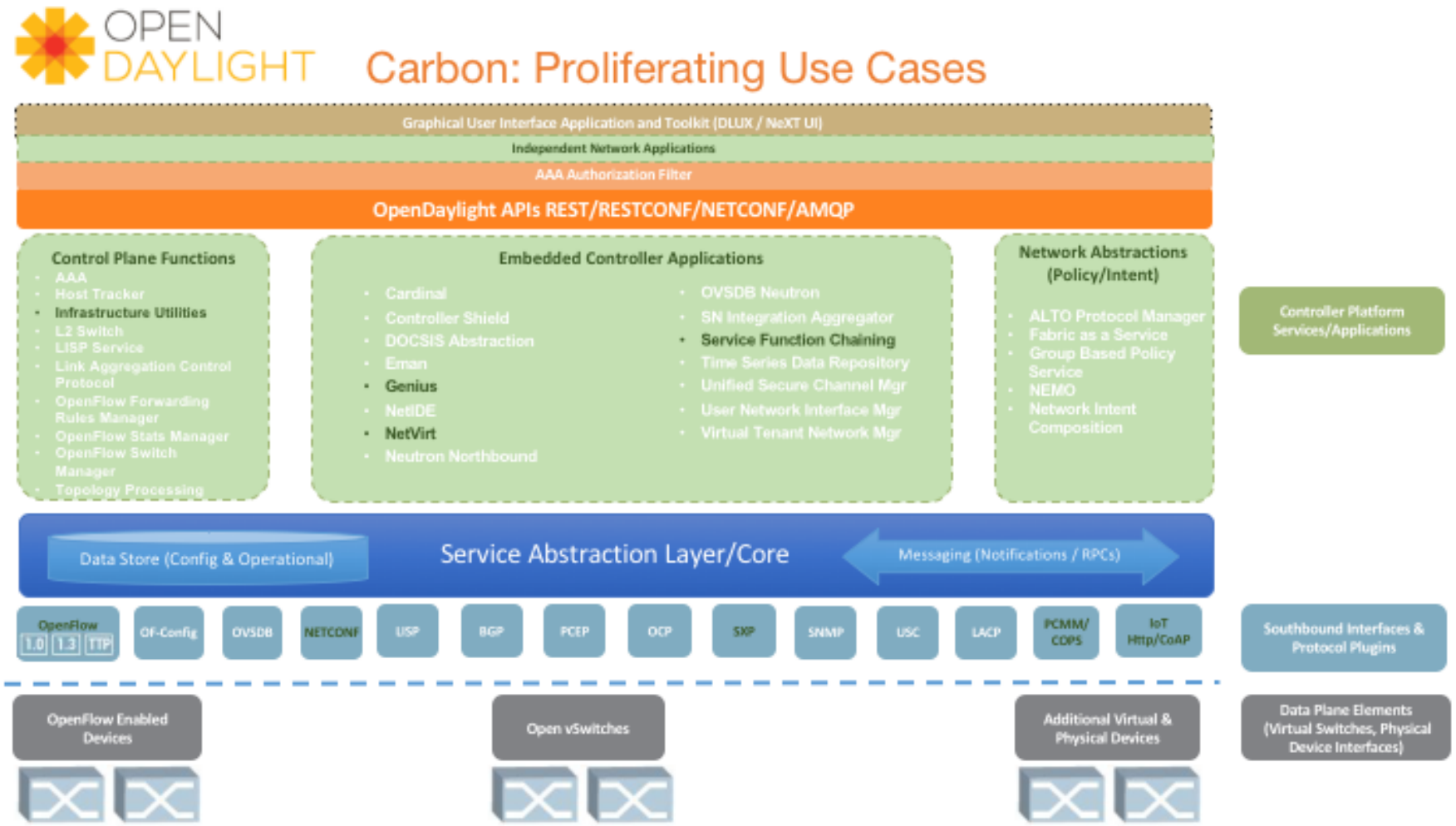
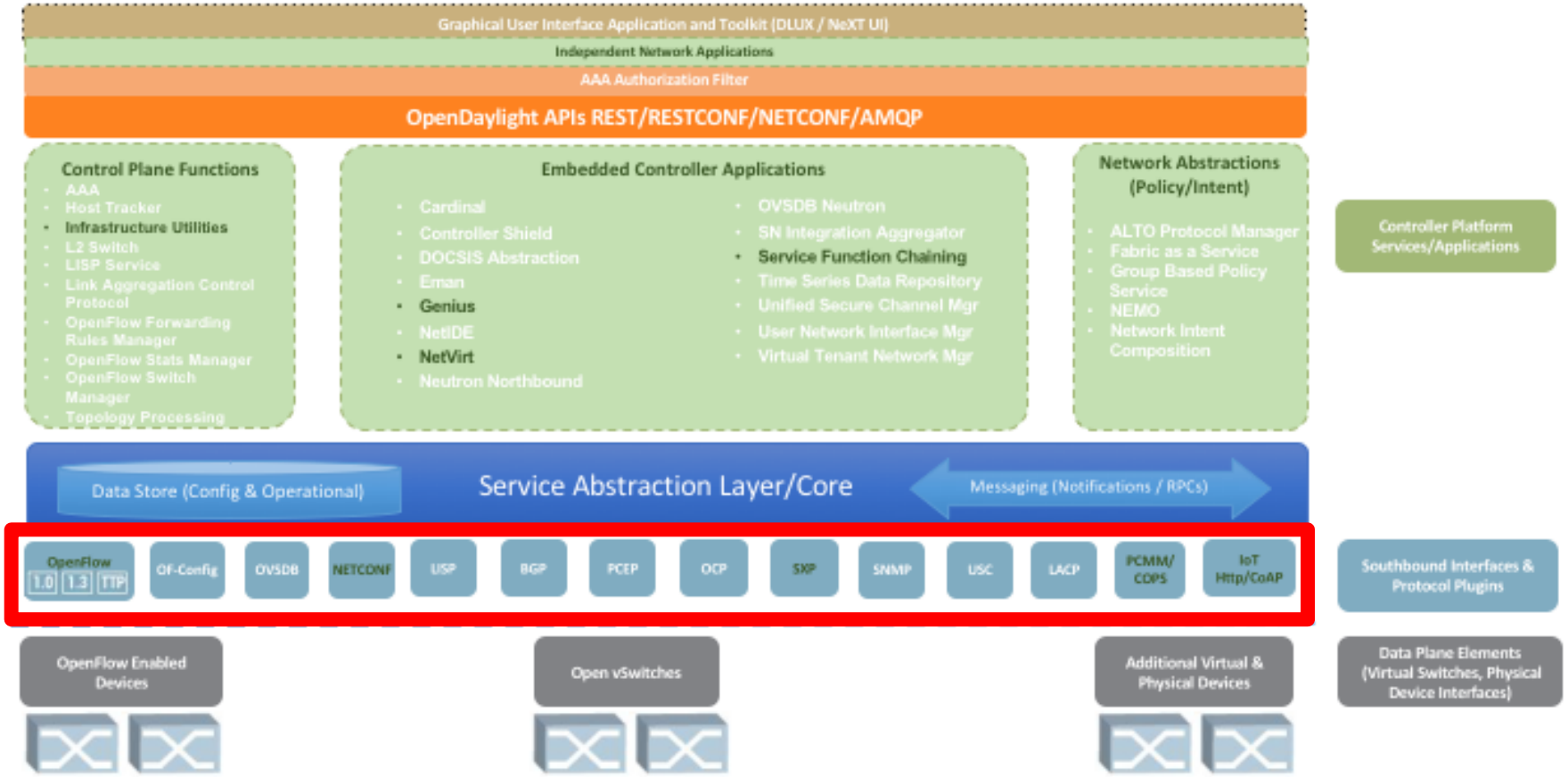


Figura retirada de https://www.opendaylight.org/what-we-do/current-release

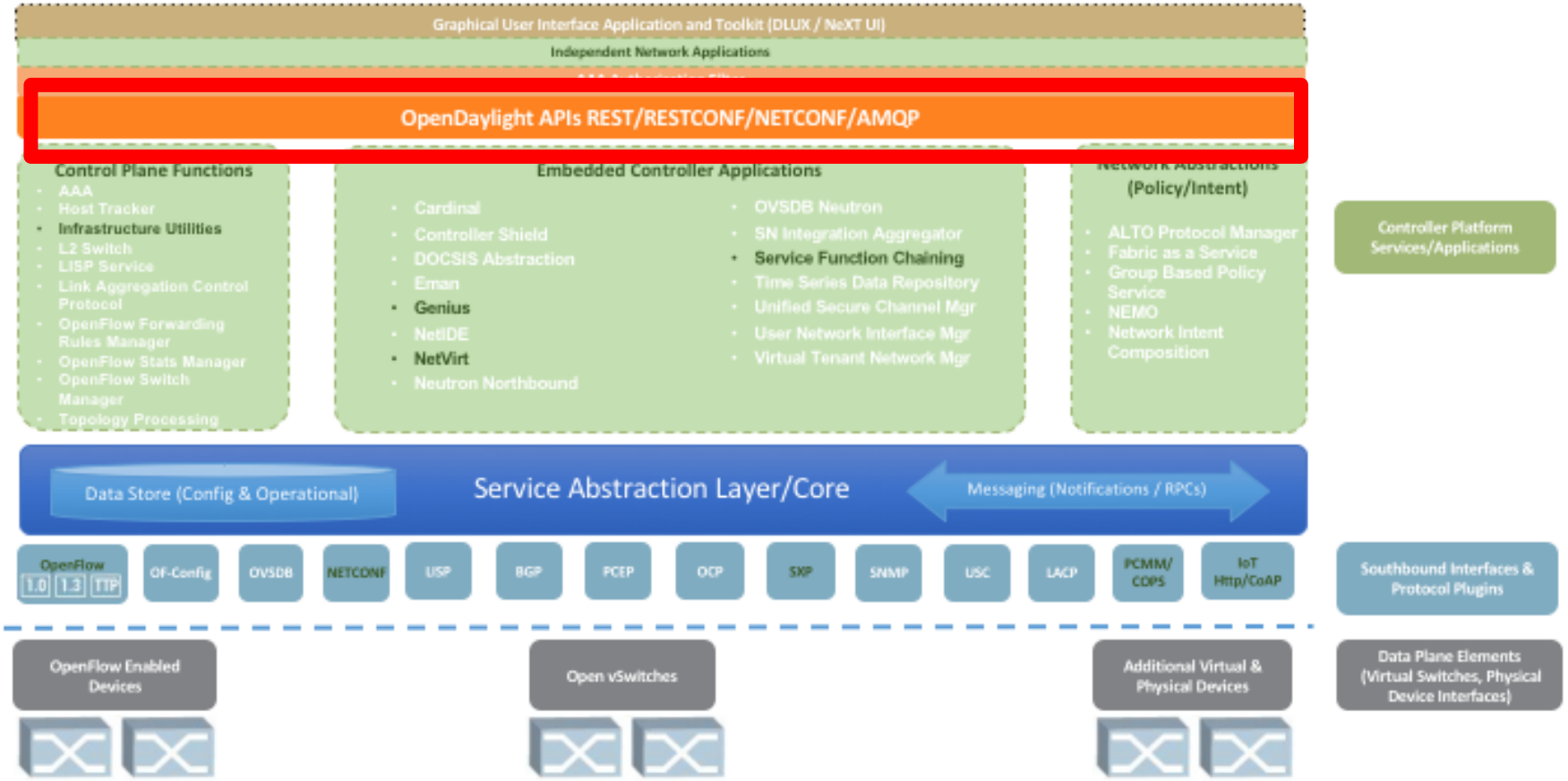
Arquitetura Opendaylight

- Suporte a diferentes Southbound APIs
  - OpenFlow, BGP, SNMP, NETCONF, etc.

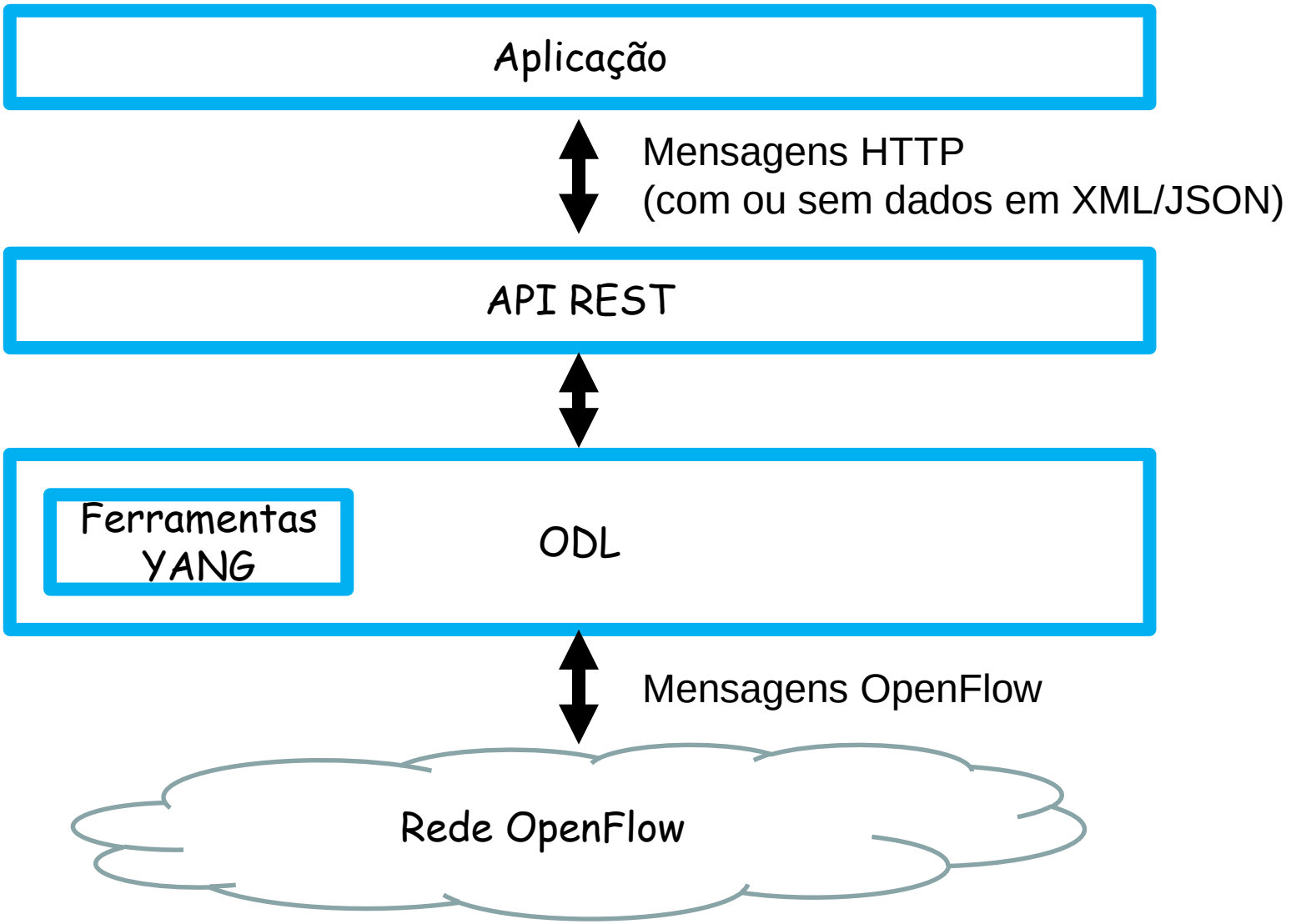


Arquitetura Opendaylight

- Utilização de APIs para desenvolvimento de aplicações
  - Ex: API REST é acessada por requisições HTTP



Visão Geral de uma aplicação utilizando a API REST



Modelo YANG

- Linguagem para modelar interações com dispositivos de rede
  - P.ex. configuração remota de uma interface de rede
- Modelo definido pelo IETF para configuração do protocolo NETCONF
- Mensagens na linguagem YANG podem ser traduzidas para o formato JSON e XML
  - Envio por requisições HTTP
- Para gerenciar dispositivos de rede no OpenDaylight é possível enviar ao controlador mensagens XML no formato YANG
- Mais infos: https://tools.ietf.org/html/rfc6020

O que é XML (eXtensible Markup Language)?

- Linguagem utilizada para descrever diferentes tipos de dados
- Exemplo: Receita de pão em XML

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<receita nome="pão" tempo_de_preparo="5 minutos" tempo_de_cozimento="1 hora">
  <titulo>Pão simples</titulo>
  <ingredientes>
    <ingrediente quantidade="3" unidade="xícaras">Farinha</ingrediente>
    <ingrediente quantidade="7" unidade="gramas">Fermento</ingrediente>
    <ingrediente quantidade="1.5" unidade="xícaras" estado="morna">Água</ingrediente>
    <ingrediente quantidade="1" unidade="colheres de chá">Sal</ingrediente>
  </ingredientes>
  <instrucoes>
    <passo>Misture todos os ingredientes, e dissolva bem.</passo>
    <passo>Cubra com um pano e deixe por uma hora em um local morno.</passo>
    <passo>Misture novamente, coloque numa bandeja e asse num forno.</passo>
  </instrucoes>
</receita>
```

Retirado de https://pt.wikipedia.org/wiki/XML

Exemplo de mensagem

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<flow xmlns="urn:opendaylight:flow:inventory">
    <strict>false</strict>
    <instructions>
        <instruction>
            <order>0</order>
            <apply-actions>
                <action>
                    <order>0</order>
                    <dec-nw-ttl/>
                </action>
            </apply-actions>
        </instruction>
    </instructions>
    <table_id>2</table_id>
    <id>124</id>
    <cookie_mask>255</cookie_mask>
    <installHw>false</installHw>
```

Exemplo de mensagem

```
<installHw>false</installHw>
   <match>
      <ethernet-match>
         <ethernet-type>
            <type>2048</type>
         </ethernet-type>
      </ethernet-match>
      <ipv4-destination>10.0.1.1/24</ipv4-destination>
   </match>
   <hard-timeout>12</hard-timeout>
   <cookie>1</cookie>
   <idle-timeout>34</idle-timeout>
   <flow-name>FooXf1</flow-name>
   <priority>2</priority>
   <barrier>false</barrier>
</flow>
```

Enviando requisições por URL

- Requisições acessam módulos do opendaylight
- Exempos abaixo usam o módulo opendaylight-inventory
- Verifique fluxos de um switch
  - http://<controller-ip>:8181/restconf/operational/opendaylight-inventory:nodes/node/{node-id}/table/{table-id}/flow/{flow-id}
    - Ex: http://localhost:8181/restconf/operational/opendaylight-inventory:nodes/node/openflow:1/table/0/
- Verifique entradas de um fluxo
  - http://<controller-ip>:8181/restconf/operational/opendaylight-inventory:nodes/node/{node-id}/table/{table-id}/
    - Ex: http://localhost:8181/restconf/operational/opendaylight-inventory:nodes/node/openflow:1/table/0/flow/L2switch-71

Mensagens deste exemplo apenas recebem XML

Aplicações para configuração pela interface web

- Utilizadas para configuração manual dos fluxos
  - Úteis para realizar configurações pontuais na rede, sem necessidade de desenvolver uma aplicação
- Listam todos os módulos disponíveis
- YangUI
  - Facilita a criação de mensagem YANG
  - Abstrai do usuário o procedimento de envio de mensagens HTTP
  - Mais infos em https://www.youtube.com/watch?v=X85SBwJIcFM
- YangMan
  - Semelhante à YangUI, mas abstração é menor
  - Mesma ideia do POSTMAN, para requisições HTTP genéricas
  - Mensagens em JSON, mas a ideia é a mesma do XML

Utilização da YangUI

- Facilita o envio e recebimento de comandos
- Verifique como realizar os comandos anteriores pela YangUI
  - http://127.0.0.1:8181/index.html#/yangui/index
- Teste comandos do tipo operational (isto é, apenas consulta)

Entendendo o Fluxo: Definição de Fluxo

- Lembrando que cada fluxo é composto por
  - Correspondência ("match")
    - Define o que o switch tem q olhar no pacote para identificá-lo como pertencente a um fluxo
      - Ex: IP Destino: 10.0.0.X
  - Ações ("actions")
    - Define uma ou mais ações que deve ser realizadas com o pacote
      - Ex: Enviar pela porta física 1
  - Estatísticas
    - Contadores que mostram o uso de um fluxo
      - Ex: Quando pacotes deram "match"

Entendendo o Fluxo: Aplicação L2 Switch

- A aplicação L2 switch instalada envia um pacote recebido para todas as interfaces do switch
  - Exceto a interface que chegou o pacote
  - Também envia para o Controlador
  - Útil para controle e quando não tem ainda nenhuma definição de fluxo na rede
    - P.ex: Utilizada para construir a topologia

- O exemplo a seguir analisa o fluxo de um switch diretamente conectado aos hosts

Entendendo o Fluxo

Trata como este fluxo se o pacote entrar pela interface 2

Entendendo o Fluxo

Entendendo o Fluxo

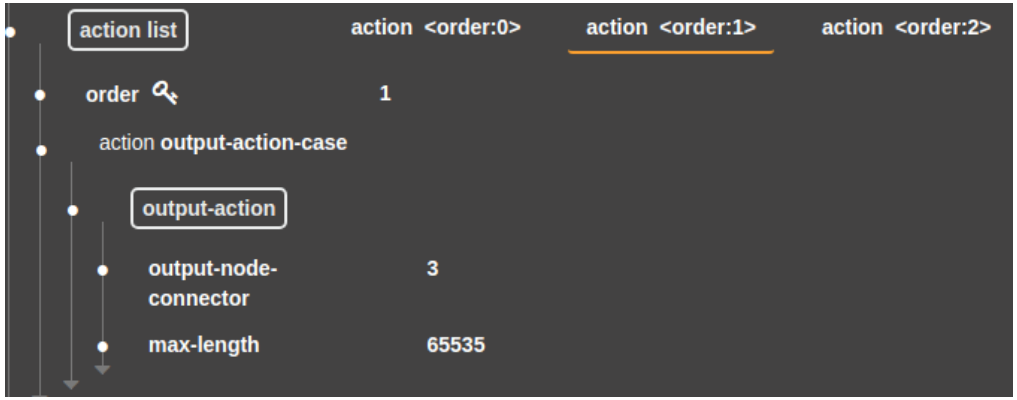
Cada ação diz para enviar para uma das portas (duas portas físicas e 1 Controlador)

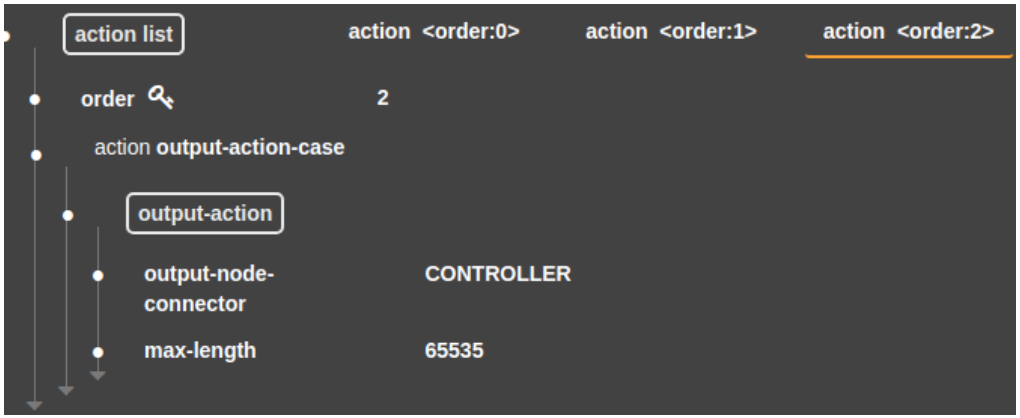
Entendendo o Fluxo

Cada ação diz para enviar para uma das portas (duas portas físicas e 1 Controlador)

Entendendo o Fluxo

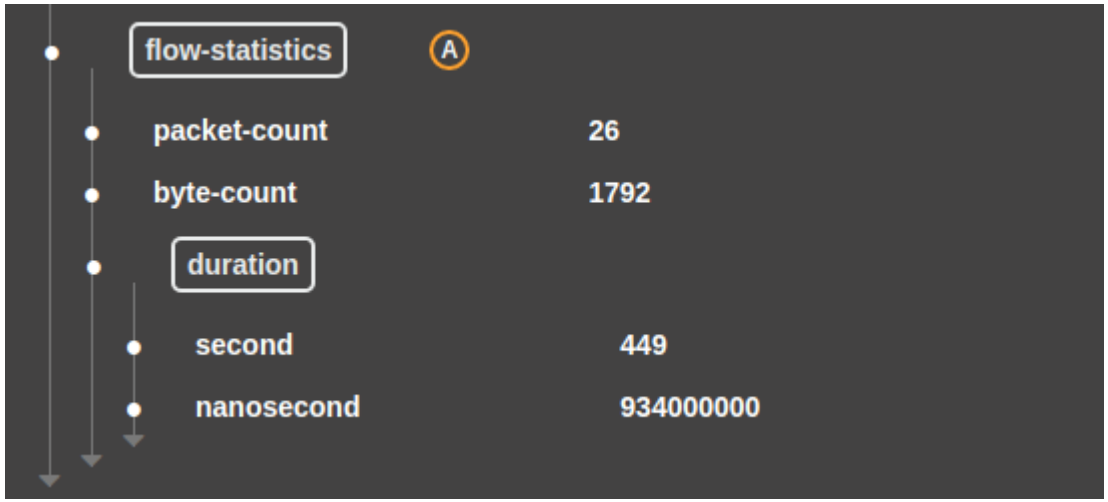
- Outras ações deste fluxo





Entendendo o Fluxo

- Estatísticas do Fluxo



Atividade

- Explore o módulo opendaylight-inventory
  - Com YANGUI ou YANGMAN
  - Realize comandos do tipo "operational"
    - Consulte infos de um switch
    - Consulte infos de um fluxo
- Veja exemplos de mensagens XML enviadas
  - https://wiki.opendaylight.org/view/Editing_OpenDaylight_OpenFlow_Plugin:End_to_End_Flows:Example_Flows
  - Outros exemplos http://www.brocade.com/content/html/en/user-guide/SDN-Controller-2.1.0-User-Guide/GUID-2C40188E-9379-4951-8345-D38FA8F9F2A0.html

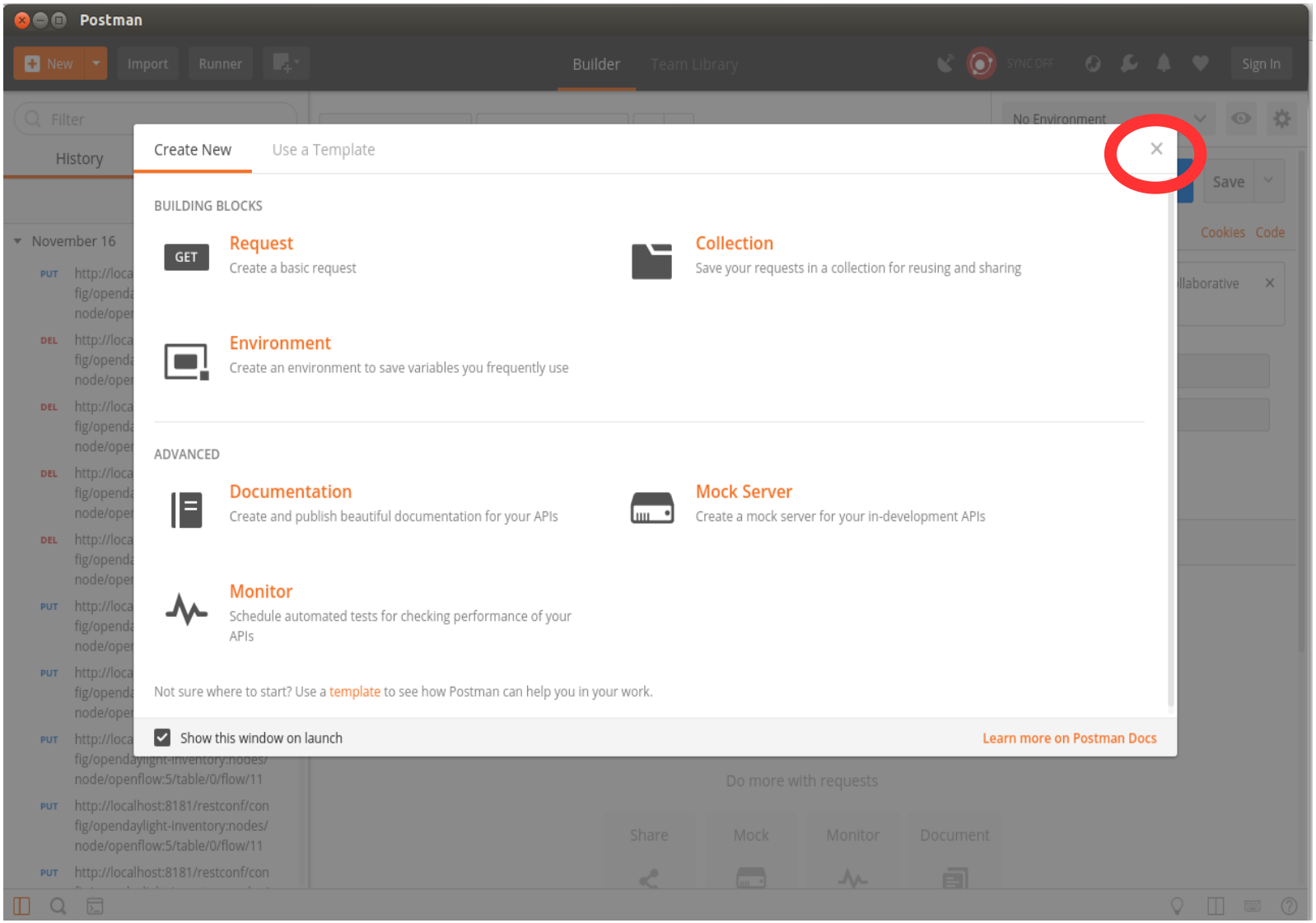
ENVIO DE REQUISIÇÕES COM O POSTMAN

Instalação

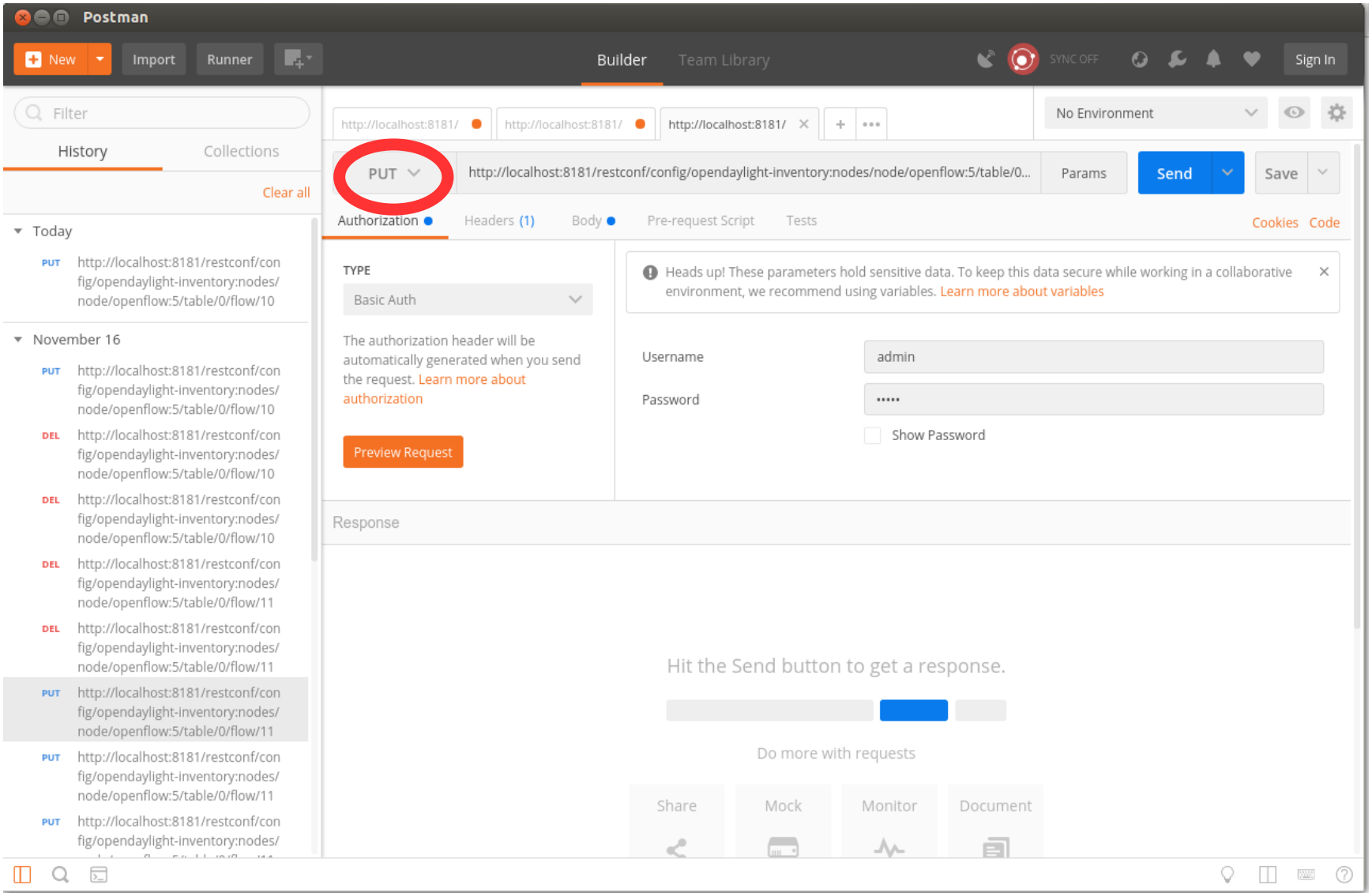
Baixe o postman em

https://www.getpostman.com/

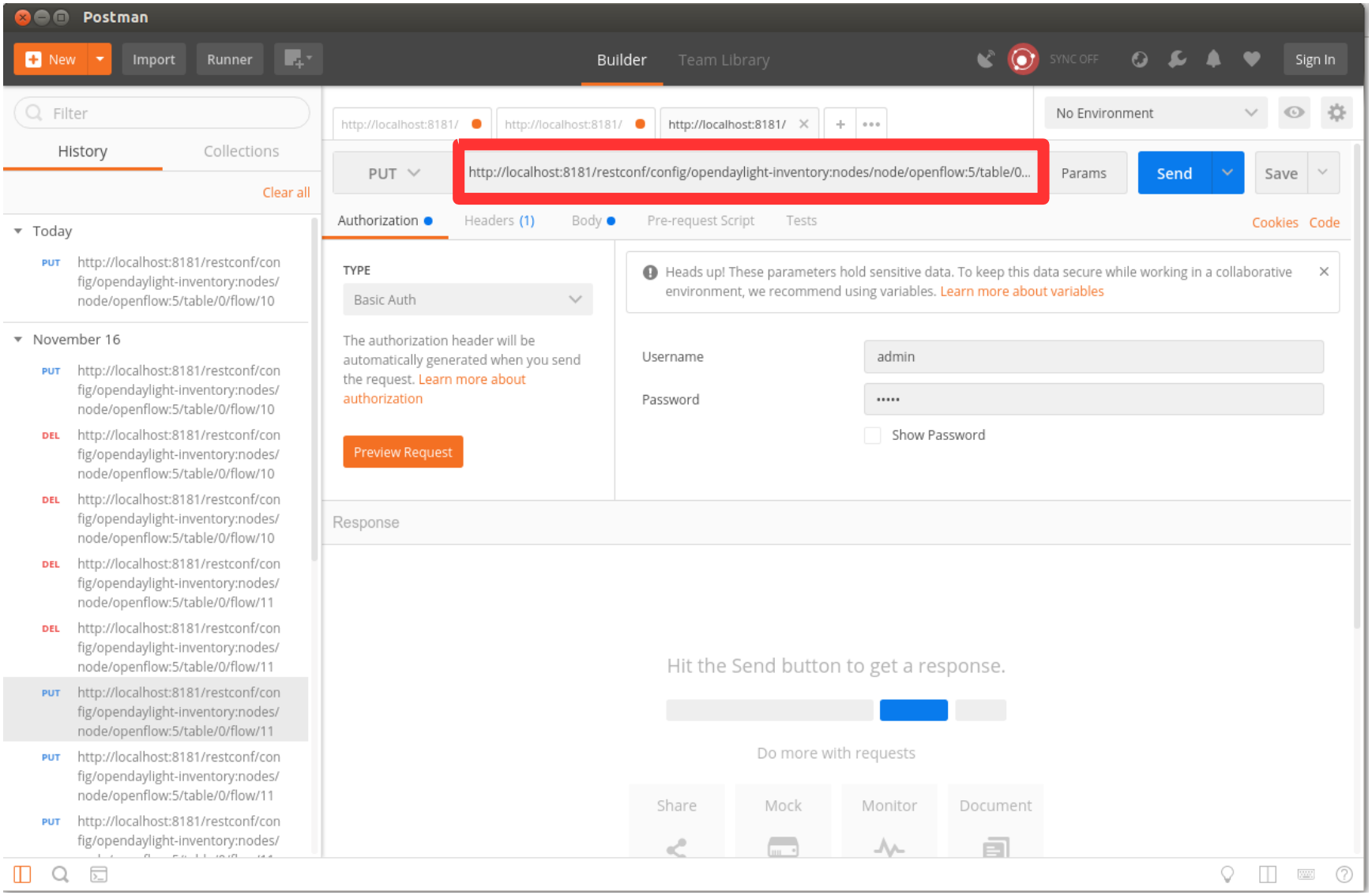
Ao abrir o Postman, ignore a janela que aparece, clicando no X



Selecione uma requisição do tipo PUT



Coloque a URL desejada. Veja slide seguinte para mais detalhes



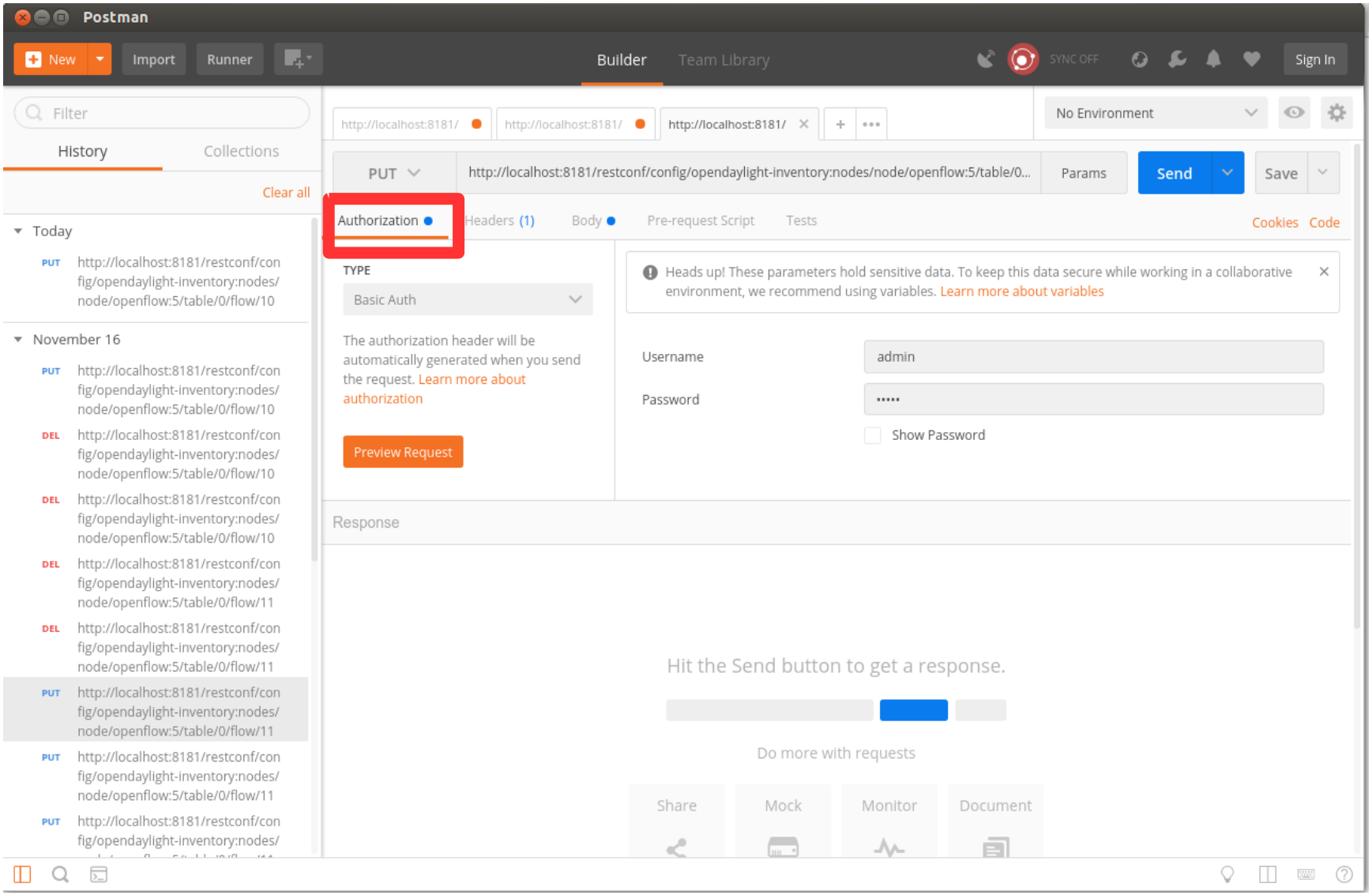
Conteúdo da URL

- Exemplo:

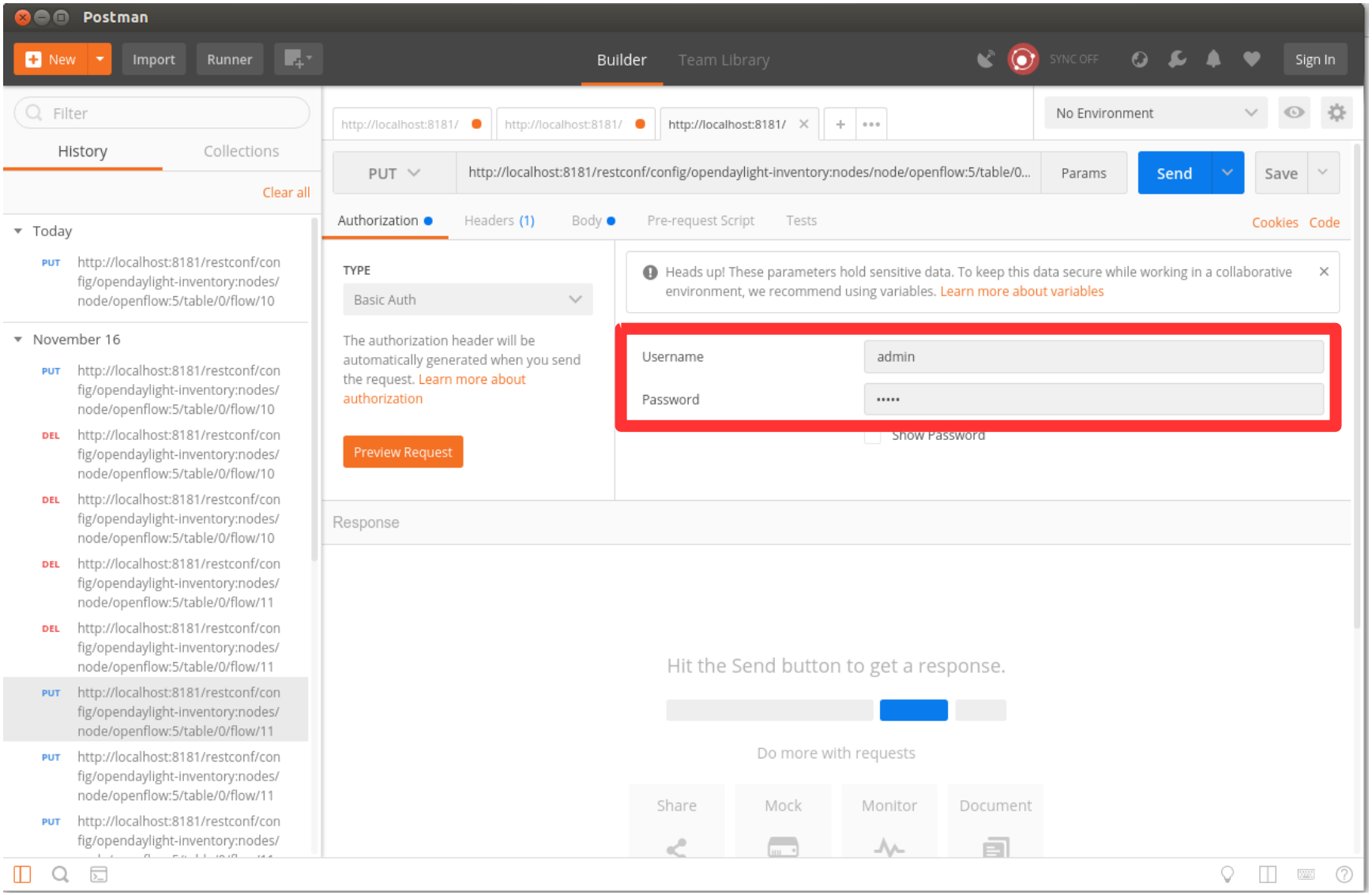
http://localhost:8181/restconf/config/opendaylight-inventory:nodes/node/openflow:5/table/0/flow/11

- Na URL anterior tem-se
  - localhost: nome ou IP da máquina na qual está o controlador
  - config: mostra que se trata de uma requisição de configuração. Para apenas coletar dados usa-se “operational”
  - opendaylight-inventory:nodes: Aplicação utilizada. Na nossa discipplina a gente só usou essa
  - openflow:5 : Nome do comutador a ser configurado. Na interface web do OpendayLight é possível ver os nomes
  - 0 (antes do “table/”): Tabela 0 do comutador. Nas aplicações mais comuns usaremos só essa tabela
  - 11 (antes de “flow/”): Id escolhido para o fluxo. Tome cuidado para não usar um id que já exista.

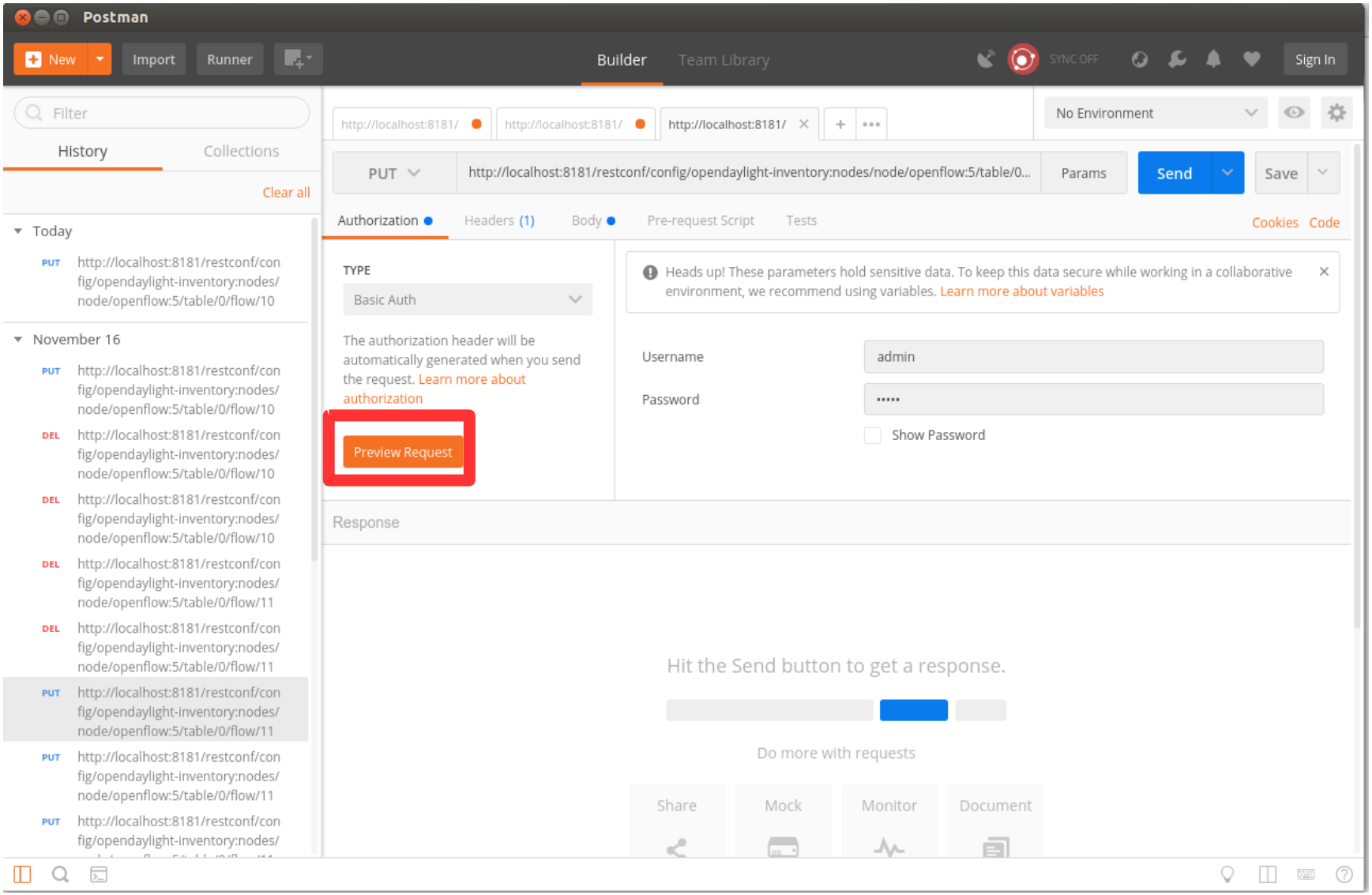
Clique em “Authorization” para configurar a senha para acesso ao Controlador



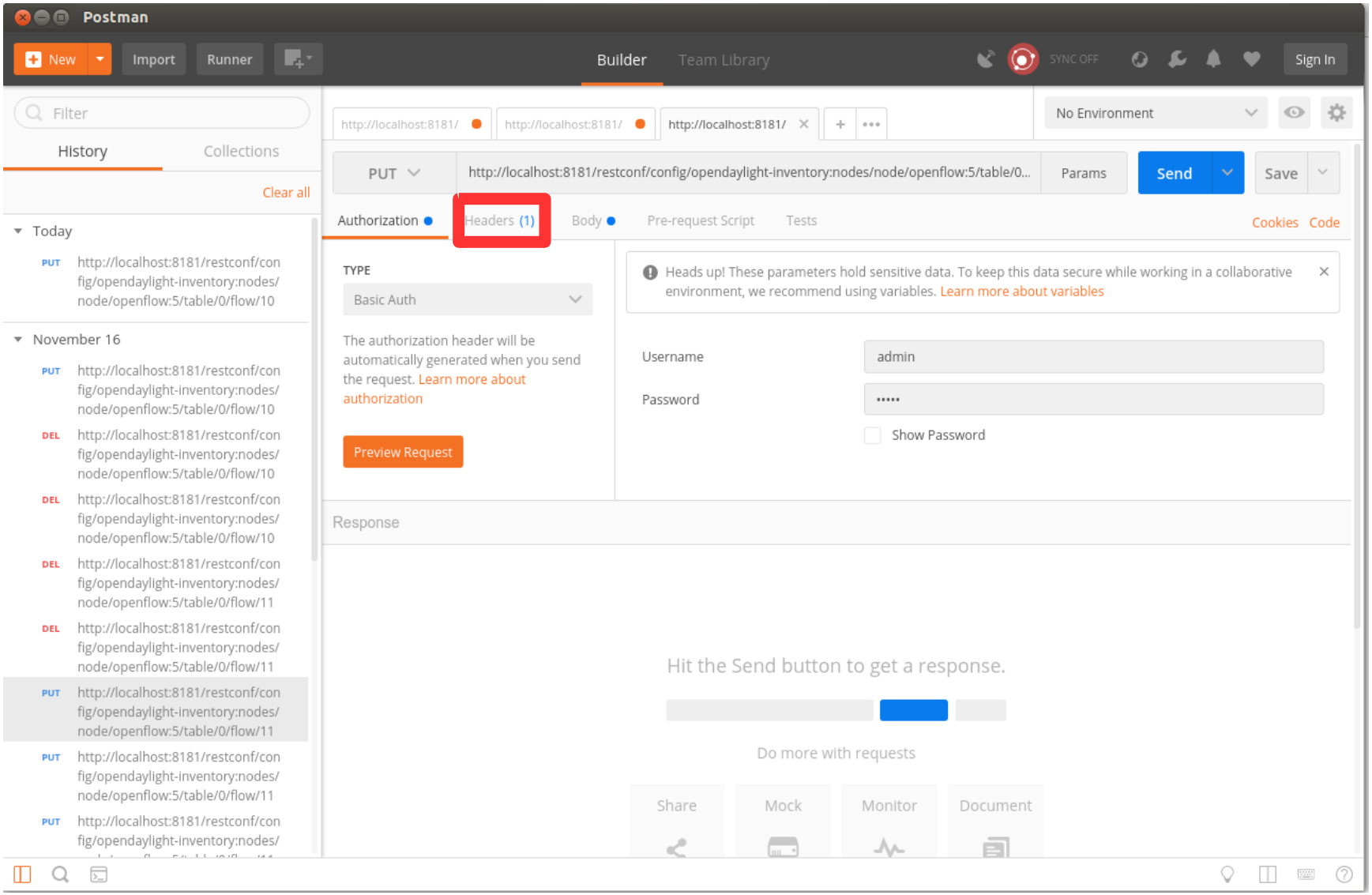
Coloque o usuário e senha do seu Controlador



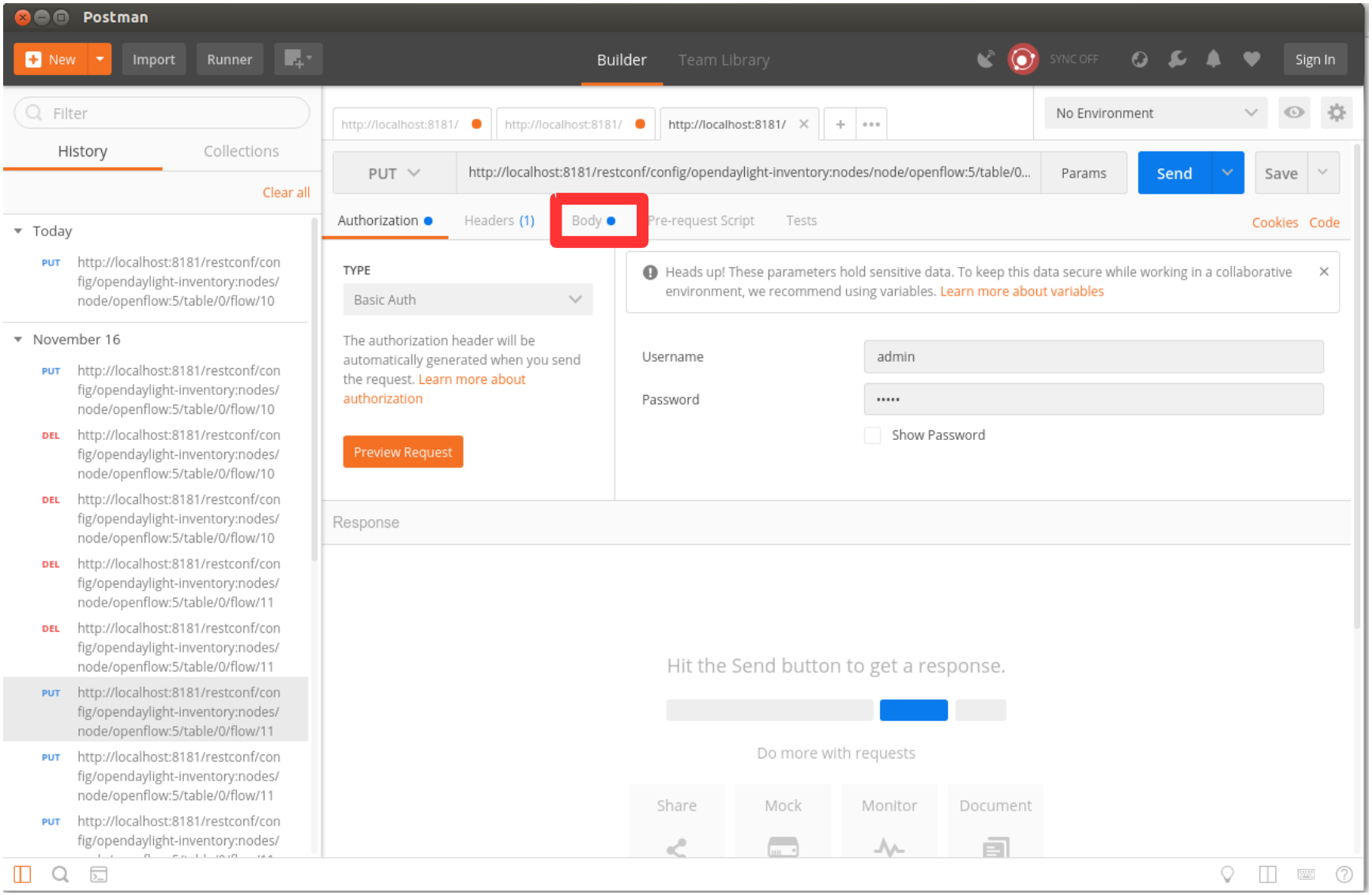
Clique em “Preview Request” para inserir a senha no cabeçalho da requisição



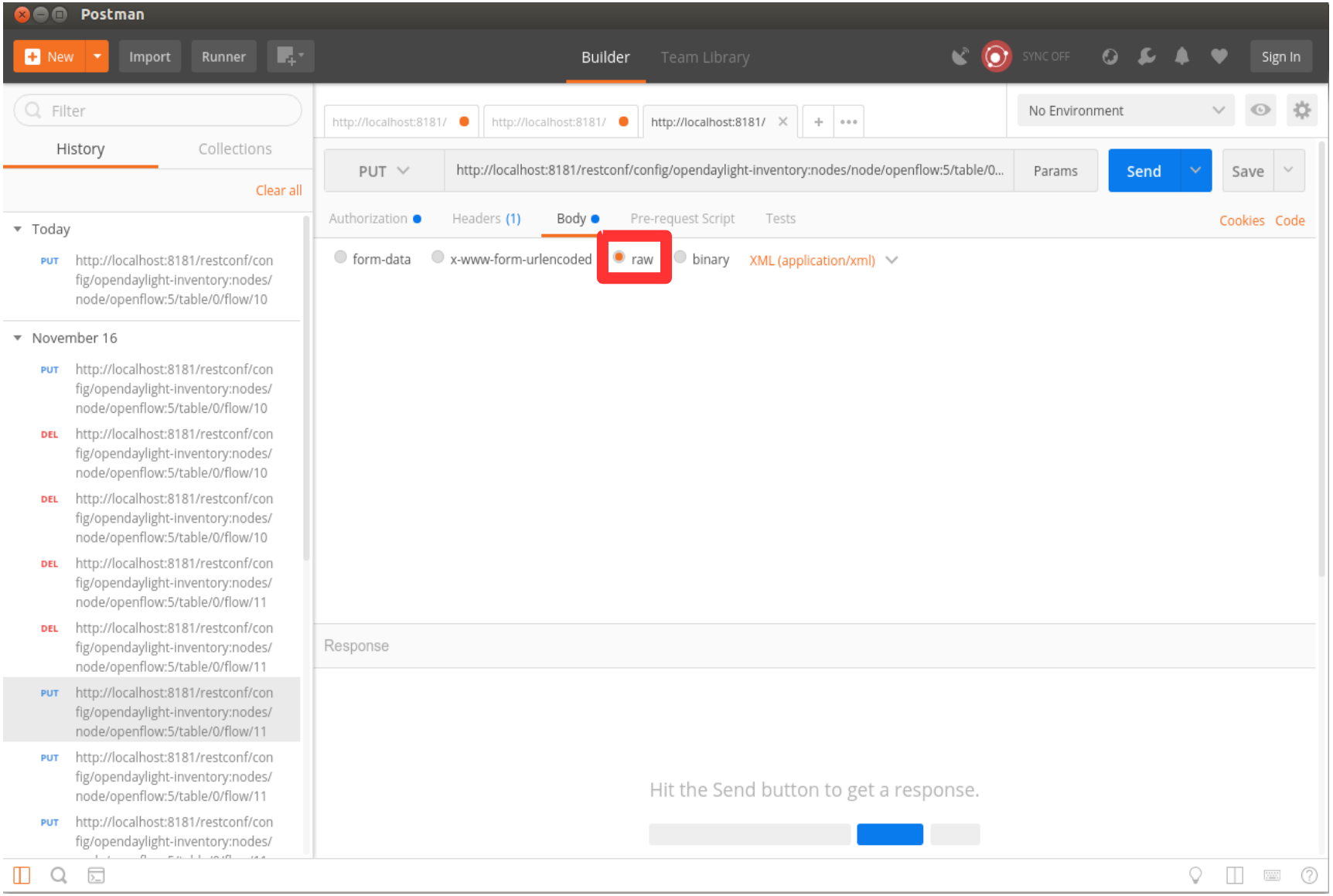
Você verá que o contador do cabeçalho incrementou após a ação anterior



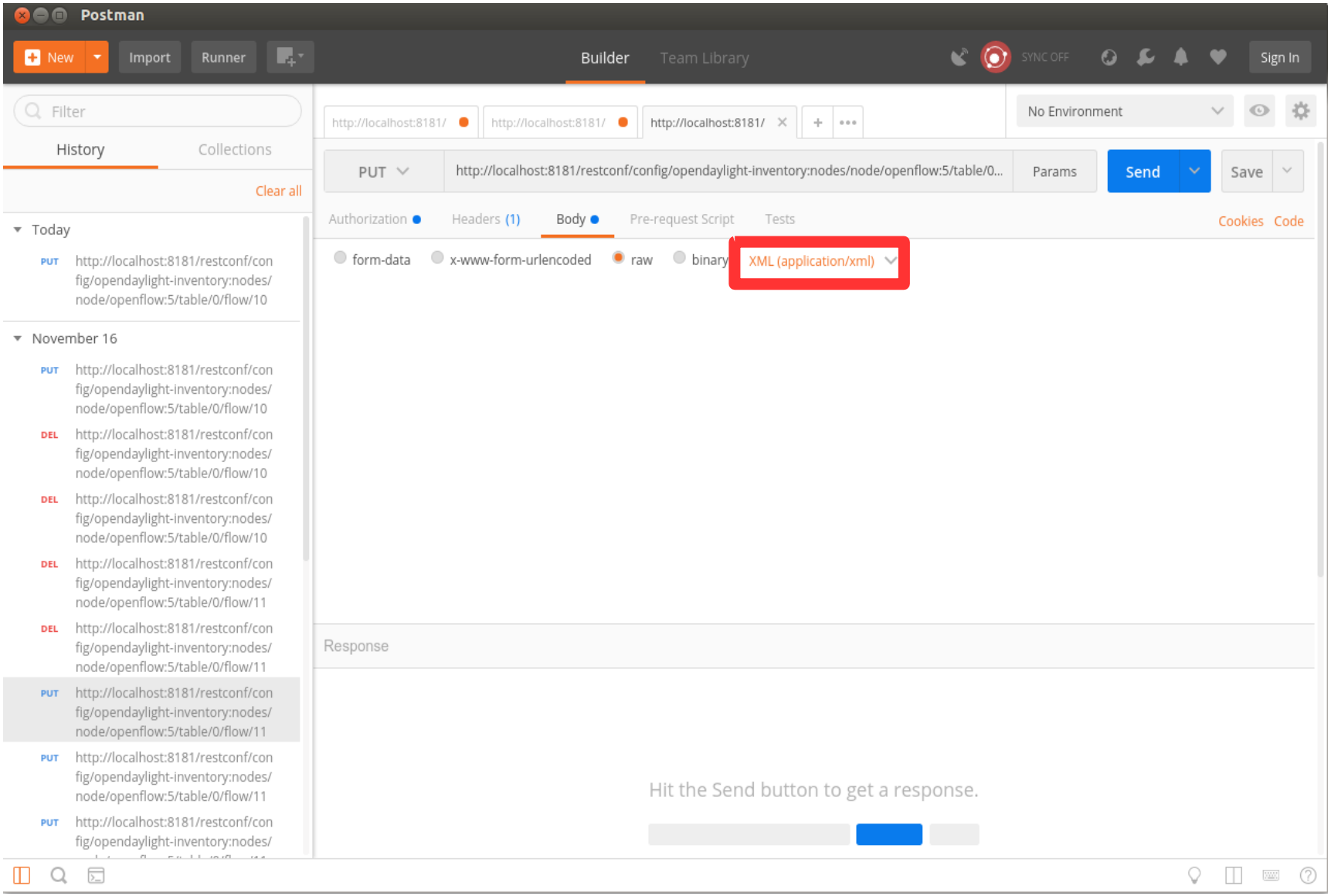
Clique em “Body” para configurar o corpo da requisição (ou seja o XML enviado)



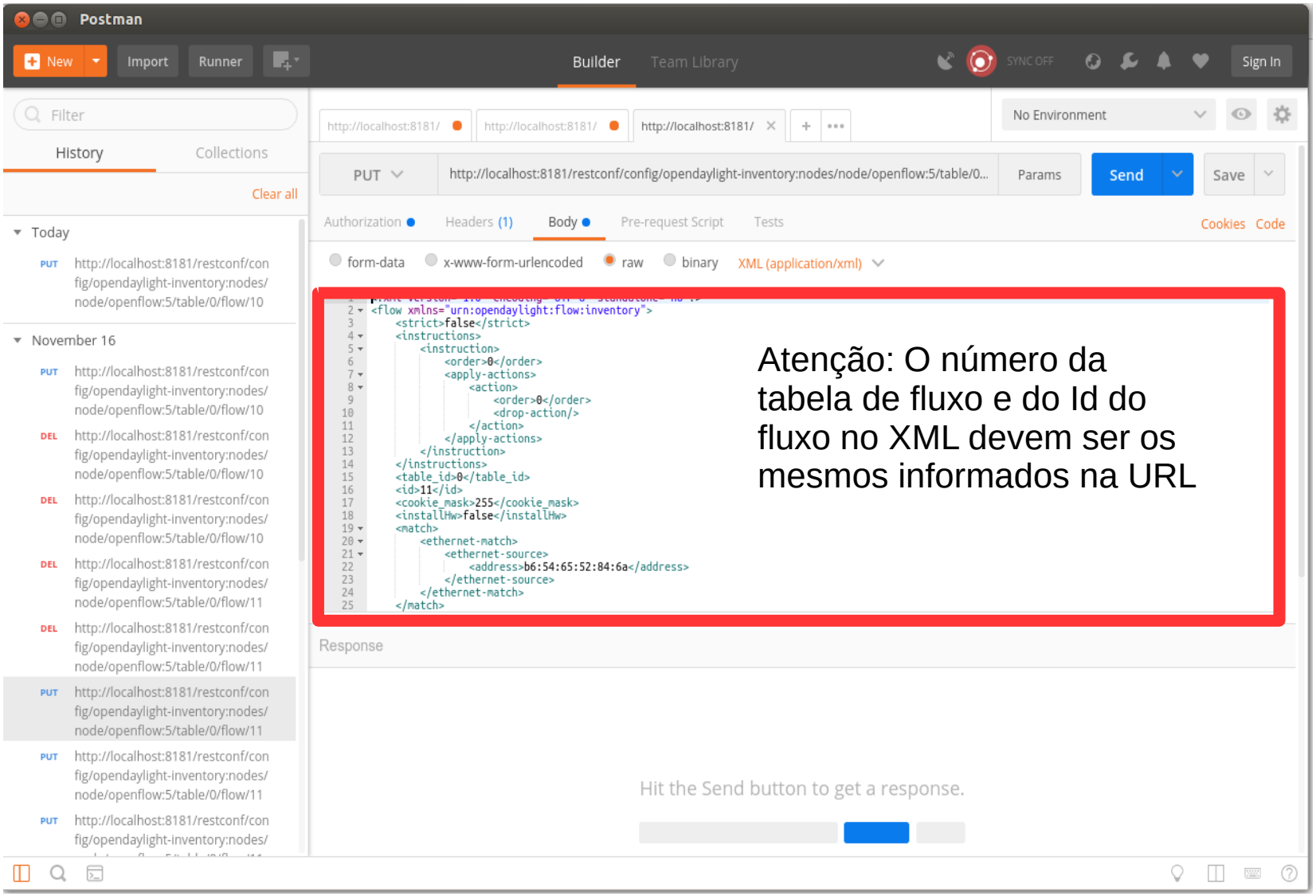
Selecione o tipo de dado “raw”



Em seguida, selecione o tipo XML (application/xml)



Insira seu XML. Mais detalhes no slides seguintes



Como construir um XML

É possível encontrar exemplos de XML para o OpenDaylight no seguinte link:

https://wiki.opendaylight.org/view/Editing_OpenDaylight_OpenFlow_Plugin:End_to_End_Flows:Example_Flows

Caso o link esteja inacessível, use o pdf comandos.pdf que está no arquivo do laboratório em questão

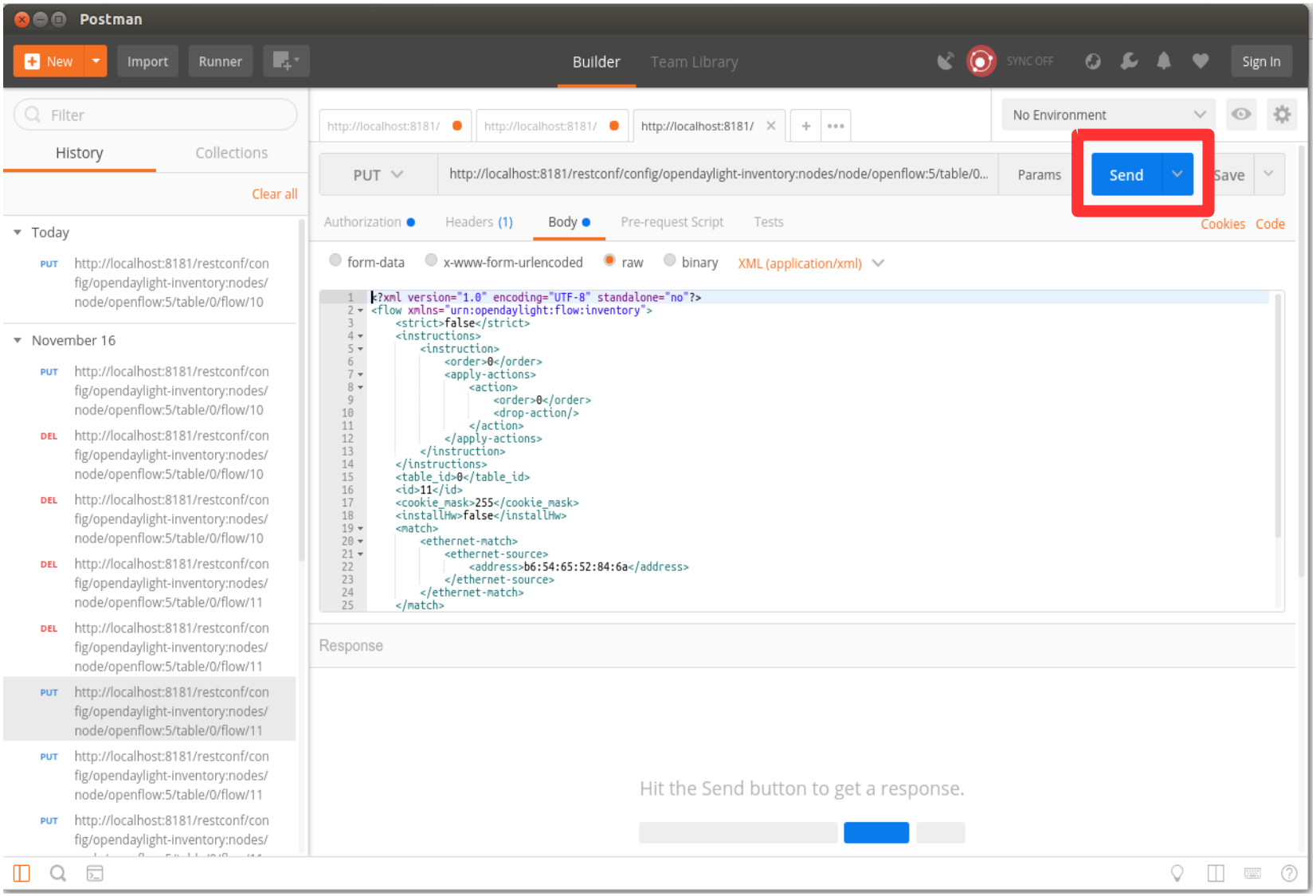
CUIDADO 1: É preciso enviar um XML com prioridade mais alta do que o da aplicação switch l2 executando (que, geralmente é 2)

CUIDADO 2: O idle timeout e o hard timeout dos exemplos é muito baixo. Coloque timeout maiores na sua requisição.

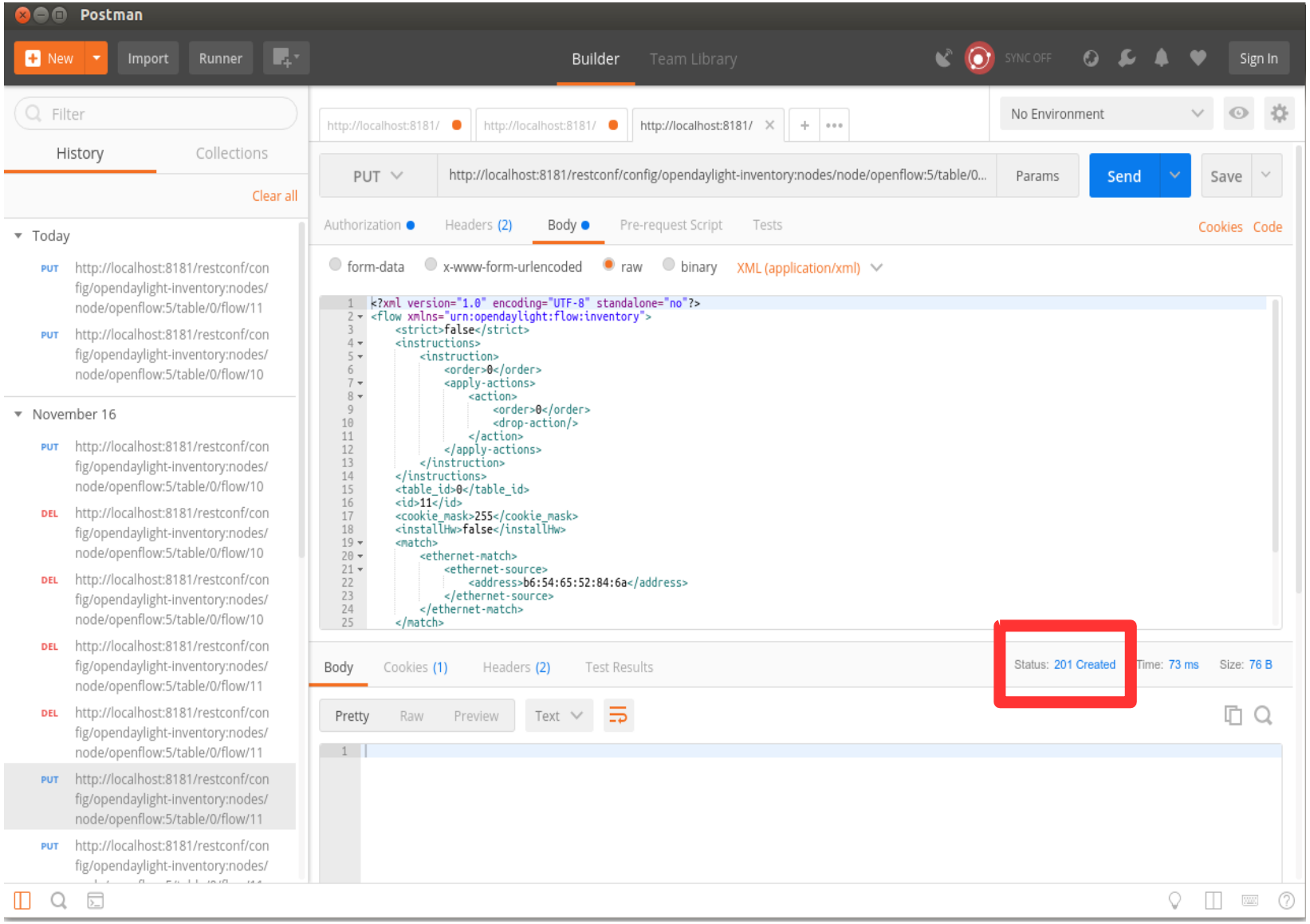
Exemplos

Veja os exemplos no arquivo do laboratório dropIP.xml e dropMac.xml que configuram fluxos para descartar quadros pelo IP e pelo MAC, respectivamente

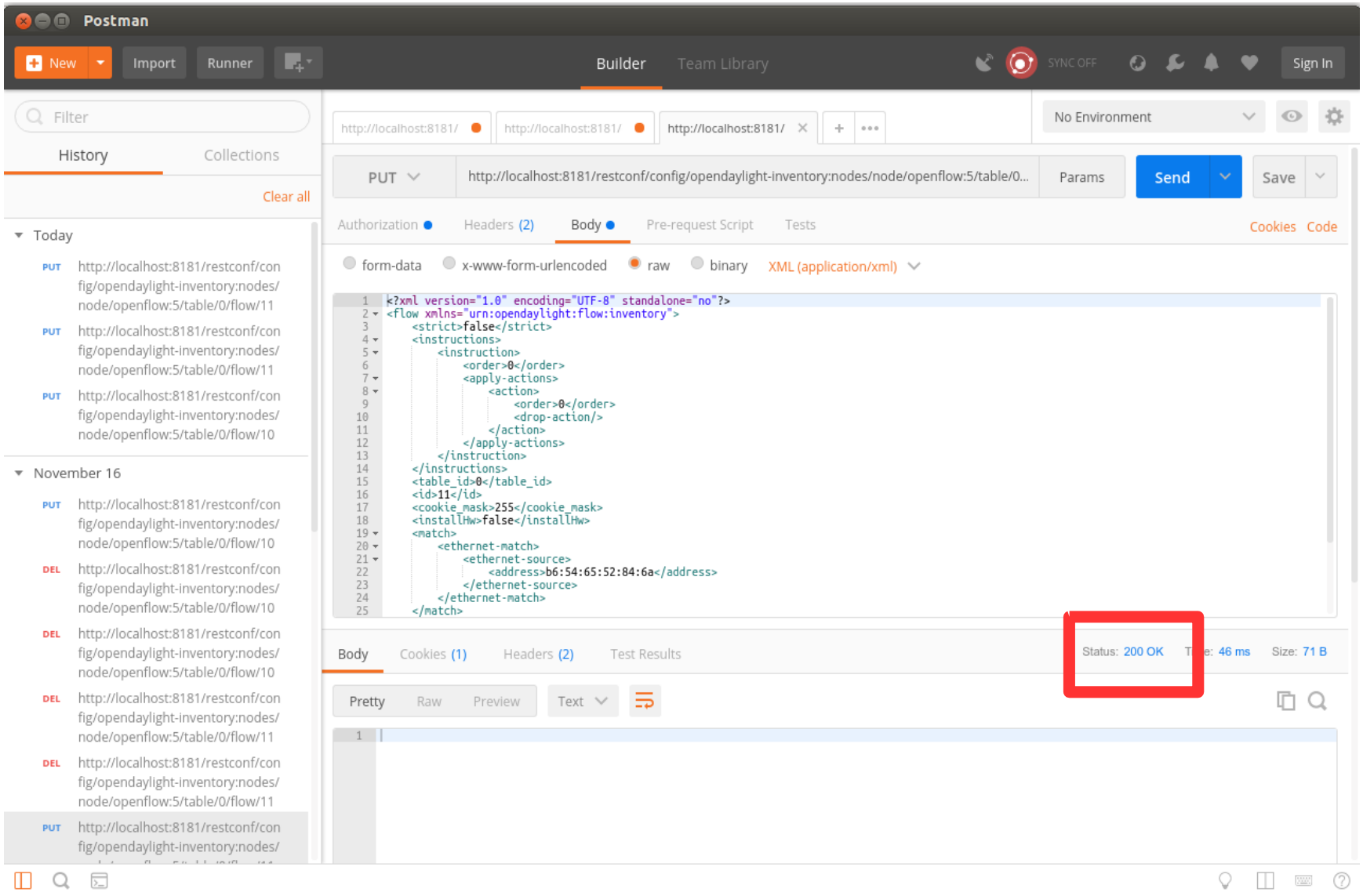
Envie a requisição



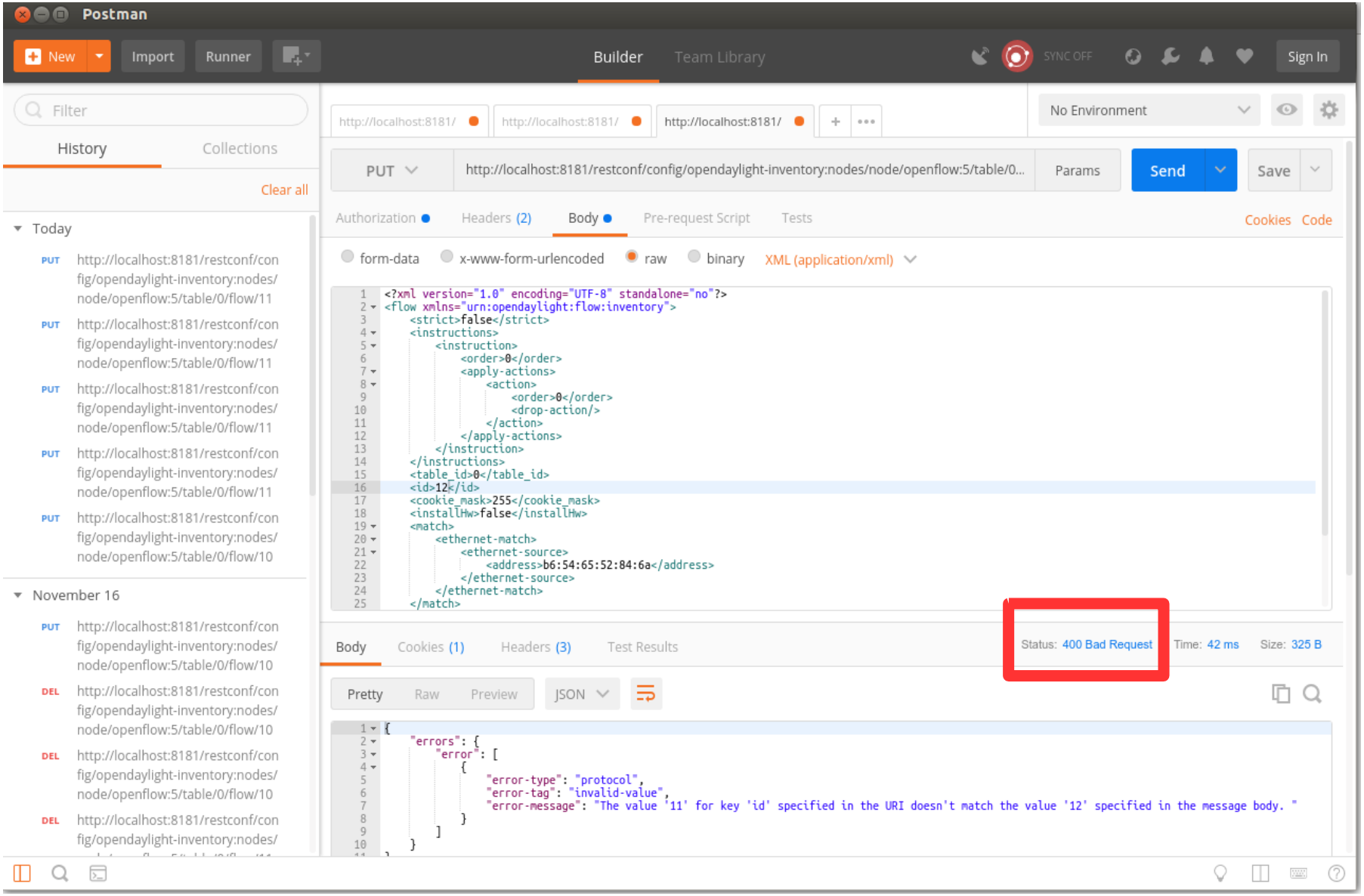
Caso o fluxo não exista e a requisição tenha sucesso, você receberá uma resposta com código 201



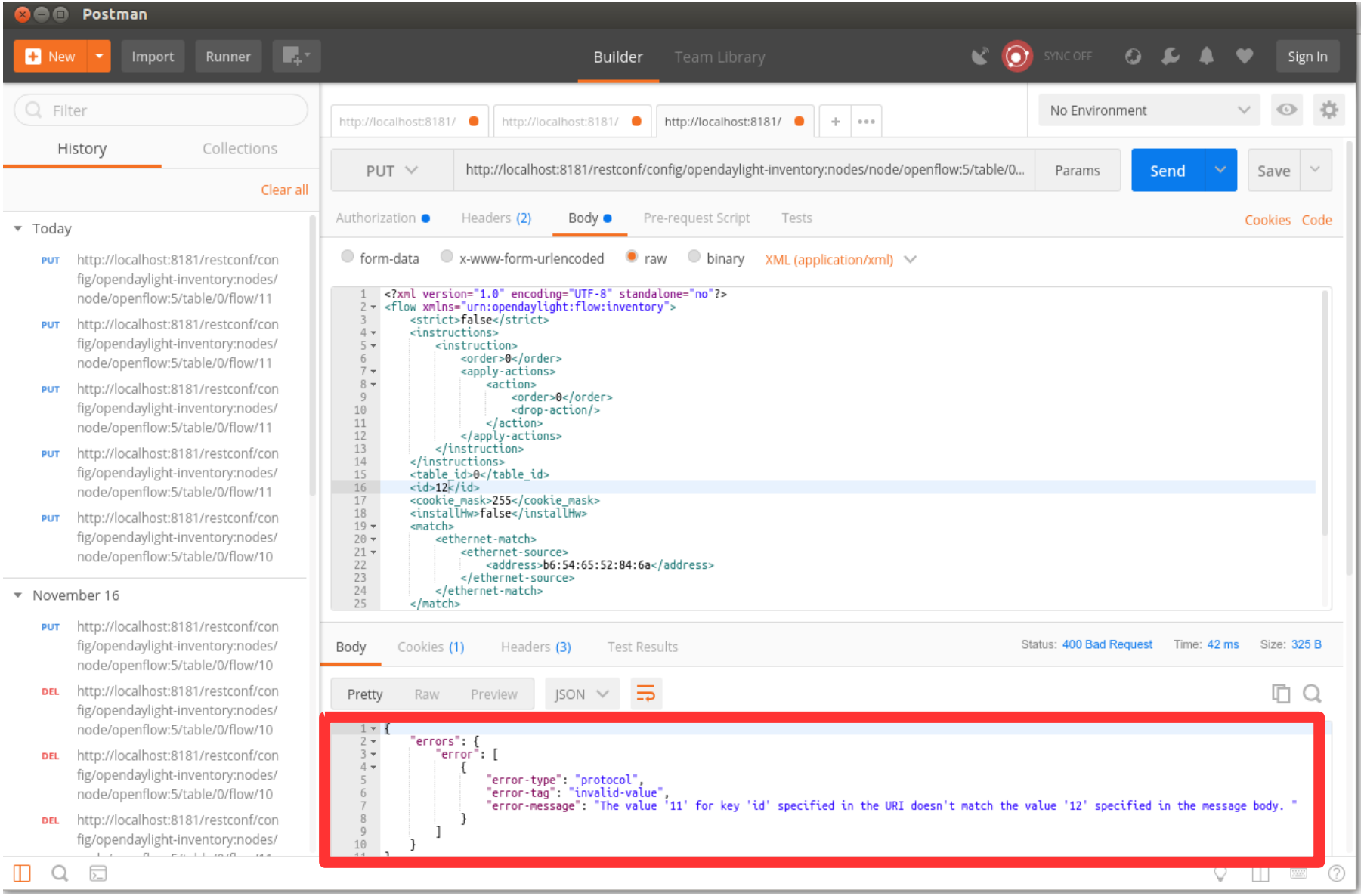
Caso o fluxo exista, ele será alterado. Assim, você receberá uma resposta com código 200



Caso tenha alguma erro na sua URL ou no seu XML, você receberá um erro 400



O Motivo do erro pode ser visto no corpo da resposta



Verificação do Fluxo

- Realize a mesma requisição, mas escrita como “operational” em um browser ou no POSTMAN com a opção GET, ao invés de PUT:

http://localhost:8181/restconf/operational/opendaylight-inventory:nodes/node/openflow:5/table/0/flow/11

- Se o controlador retornar o XML do fluxo correto, isso confirma que o fluxo foi instalado com sucesso