



nic.br

Núcleo de Informação
e Coordenação do
Ponto BR

cgib.br

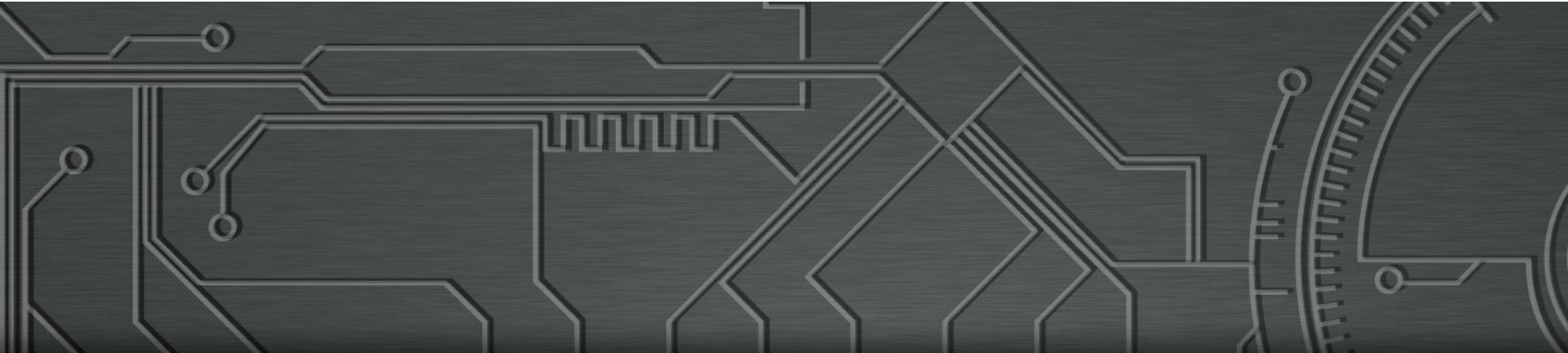
Comitê Gestor da
Internet no Brasil



registro.br cert.br cetic.br ceptro.br ceweb.br ix.br

nic.br cgi.br

ceptro.br



Curso BCOP

RPKI



ceptro.br nic.br egi.br

Licença de uso do material

Esta apresentação está disponível sob a licença

Creative Commons

Atribuição – Não a Obras Derivadas (by-nd)

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/br/legalcode>



Você pode:

- **Compartilhar** — copiar, distribuir e transmitir a obra.
- **Fazer uso comercial da obra.**
- Sob as seguintes condições:

Atribuição — Ao distribuir essa apresentação, você deve deixar claro que ela faz parte do Curso de Formação para Sistemas Autônomos do CEPTR0.br/NIC.br, e que os originais podem ser obtidos em <http://ceptro.br>. Você deve fazer isso sem sugerir que nós damos algum aval à sua instituição, empresa, site ou curso.

Vedada a criação de obras derivadas — Você não pode modificar essa apresentação, nem criar apresentações ou outras obras baseadas nela..

Se tiver dúvidas, ou quiser obter permissão para utilizar o material de outra forma, entre em contato pelo e-mail: info@nic.br.

BGP Hijacking

- Anúncio de prefixos não autorizados
 - "Sequestro do prefixo"
- Motivos:
 - Erro de configuração
 - *Fat finger*
 - Proposital



Por que isso acontece?

- A Internet funciona com base na cooperação entre Sistemas Autônomos (ASes):
 - É uma “rede de redes”
 - São mais de **95.000 redes** diferentes, sob gestões técnicas independentes
 - A estrutura de **roteamento BGP** funciona com base em cooperação e confiança
 - O BGP **não** tem validação dos dados



**Como resolver
esses problemas???**



MANRS

***Resource Public Key
Infrastructure (RPKI)***

faz parte do  MANRS!!!

O que é RPKI?

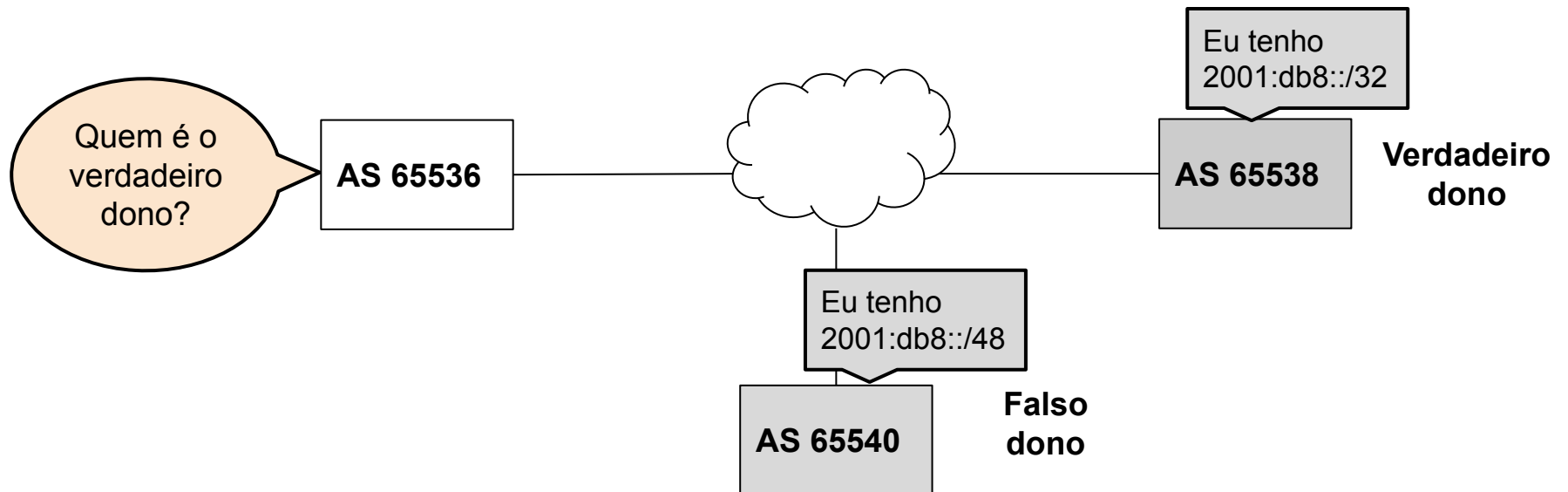
- Estrutura desenvolvida para validar recursos de numeração
 - ASN e Prefixos IPs
 - Alocados
 - Utilizado no BGP
- Previne os problemas de BGP *Hijacking*
- **A colaboração de todos os ASes é essencial!!!**

O que é RPKI?

ROTAS:

2001:db8::/32 ... 65538 i

2001:db8::/48 ... 65540 i

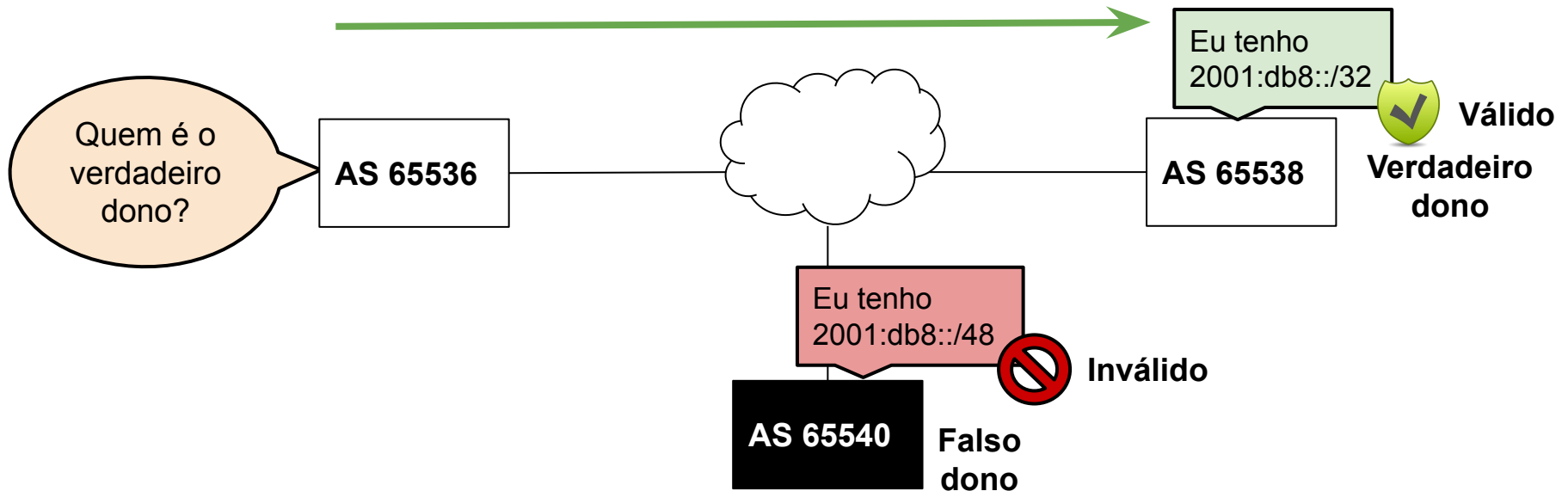


O que é RPKI?

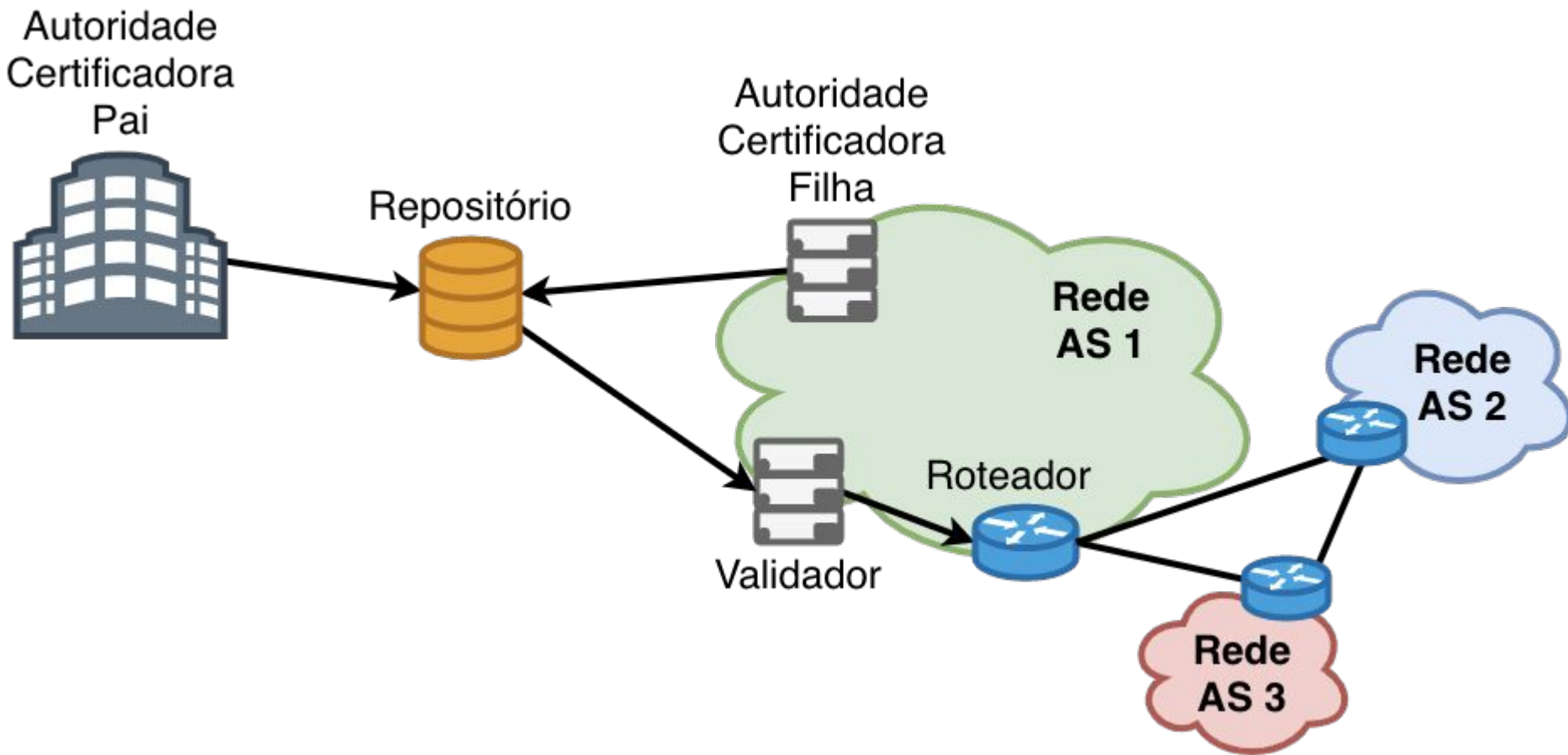
ROTAS:

2001:db8::/32 ... 65538 i

2001:db8::/48 ... 65540 i



Estrutura do RPKI



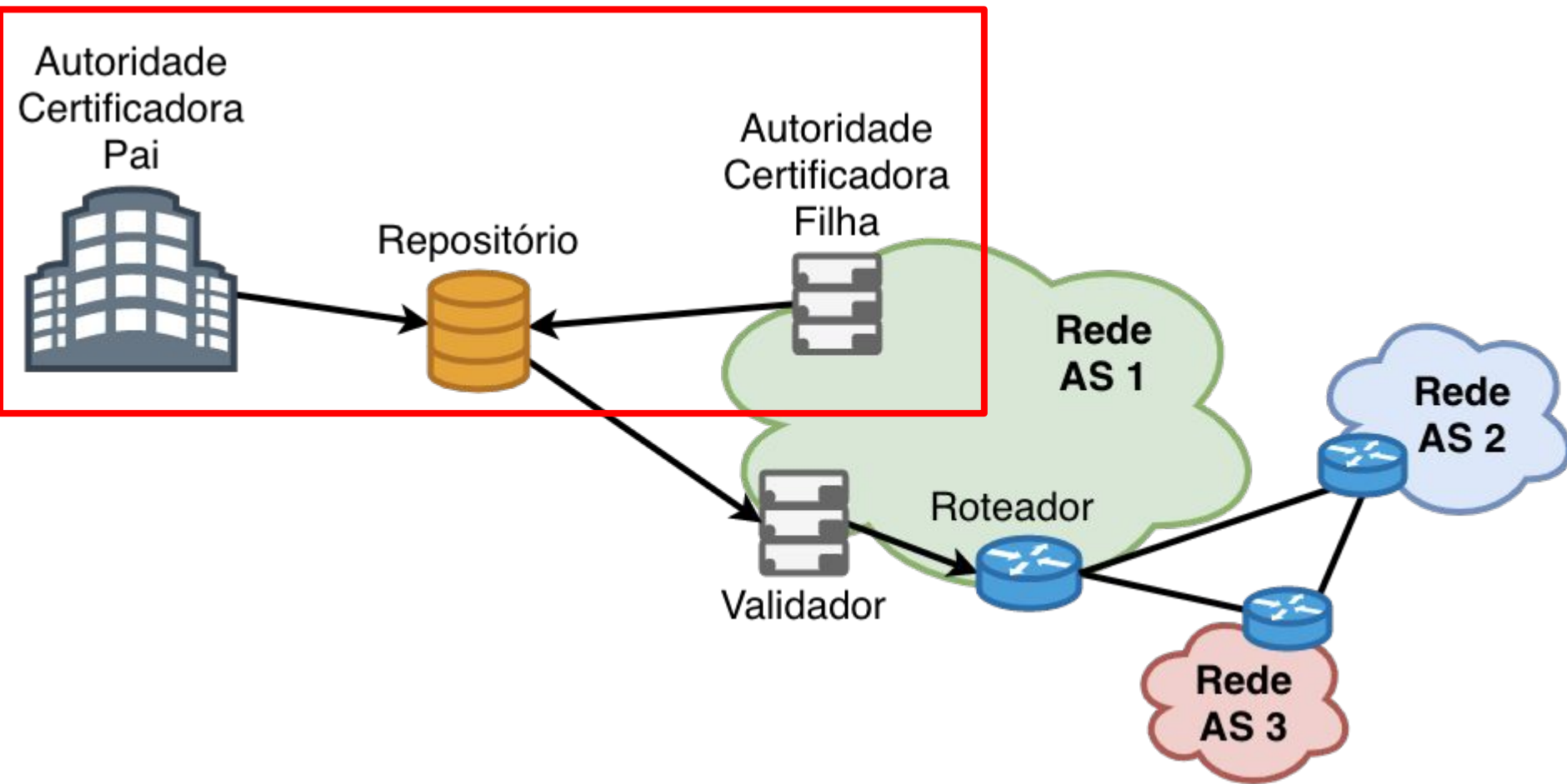
Estrutura do RPKI

Duas partes:

- Certificação de recursos
 - Anunciar os prefixos no RPKI
 - Qualquer um que possuir recursos de IP pode aderir
- Validação da Origem
 - Consultar prefixos anunciados no RPKI
 - Necessita uso de roteador compatível

Parte I: Certificação de Recursos

Certificação de Recursos

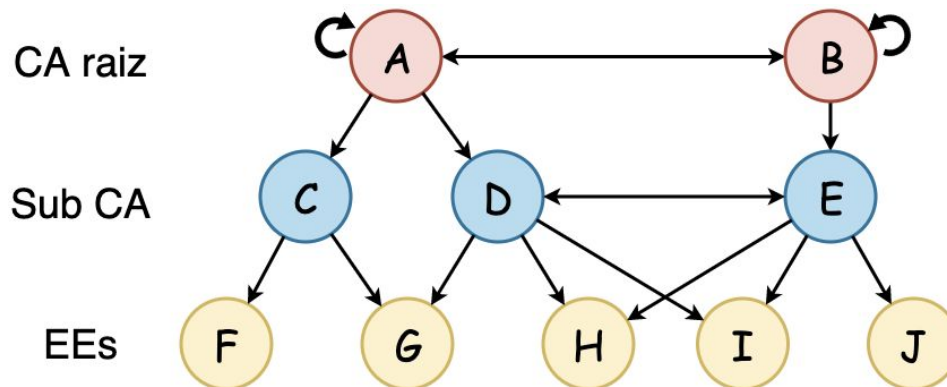


Certificação

- Certificação digital
 - Associa a chave pública com o seu dono
- Modelo **PKI** (***Public Key Infrastructure***)
 - certificado contém chave pública assinada por uma **Autoridade Certificadora** ou **Certificate Authority (CA)**.
 - Ex.: ICP-Brasil
- **RPKI**
 - Certificação de recursos
 - *Associa a chave pública com os recursos*

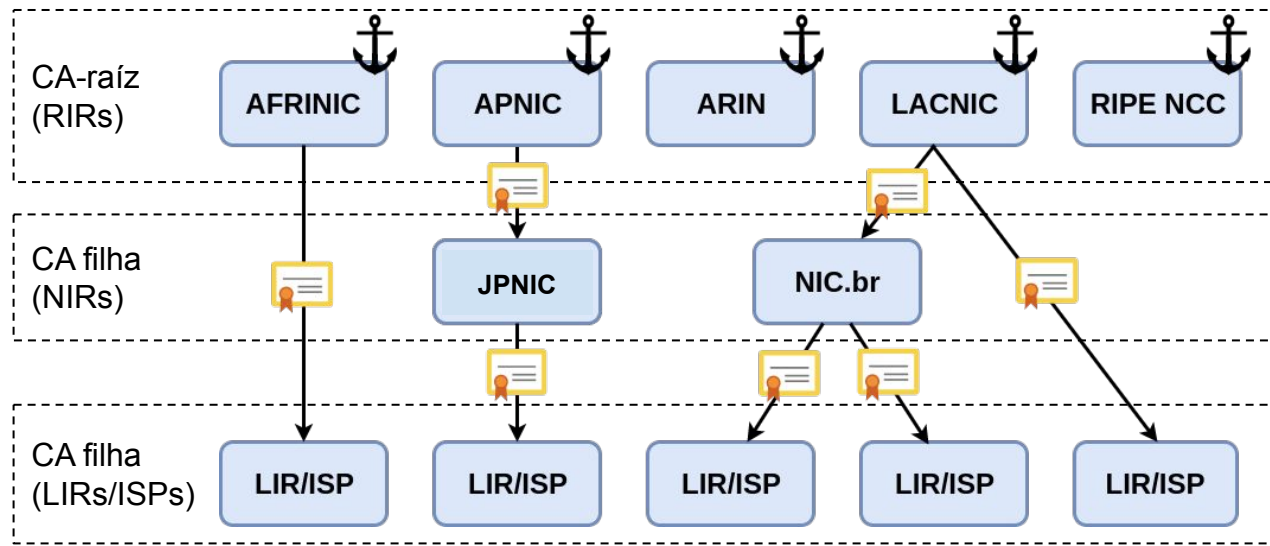
Modelo PKI

- Cadeias de certificação
 - **CA (Certificate Authority)** são entidades **confiáveis** e sua chaves públicas são **amplamente conhecidas!**
 - Usa-se a chave da CA raiz (auto-assinado) para assinar outras chaves na cadeia até as entidades finais ou *End Entities* (EEs).
 - Importante a proteção das chaves mais críticas (mais próximas da raiz).



Cadeia de certificação do RPKI

- RIRs
 - *Trust Anchor*
 - Confiabilidade implícita
 - Certificados auto-assinados
 - Certificam somente os recursos de sua própria hierarquia



Autoridade Certificadora

- **CAs Certificate**

- Organizações que distribuem recursos de numeração
- Detentores de recursos de numeração

- **Certificados das *End Entities***

- Validam os documentos assinados contidos no repositório RPKI
- Cada **certificado** assina um **documento**

Cadeia de certificação do RPKI

Cada **RIR** pode ser uma fonte autoritativa para a alocação de recursos:

- Delegação de endereços IPs (IPv4 e IPv6)
- Delegação de ASNs

Funcionam como CA do par IPs-ASN e da chave pública do AS

ROAs

- *Route Origin Authorisation*
 - Objeto assinado


“Eu autorizo o ASN XXXX a originar esse prefixo”.

Elementos principais:

- Nome da ROA
- Número do AS (ASN)
- Prefixo alocado e máximo permitido
- Tempo de validade
- Assinatura da organização

Responsável pelos recursos

ROA da organização

ROA	
Prefixo	2001:db8::/32
ASN	65538
Prefixo Max	/48
Tempo de validade	1 ano
Assinatura da organização	
	

ROAs

- Todos os prefixos anunciados devem estar cadastrados em um ou mais ROAs
- Assinados e guardados em um repositório RPKI
 - Certificado contendo recursos de numeração
 - Declarações da origem das rotas para esses recursos
- Cada ROA contém apenas um ASN
 - Prefixos podem possuir mais de um ROA

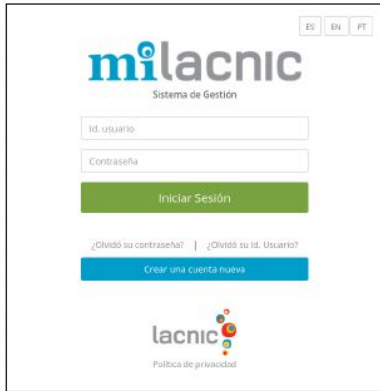
ROAs

- E se uma organização quiser alocar seus recursos para outros ASes?
- Duas opções:
 1. Gerar a ROA para os próprios anúncios do seu ASN
 2. Gerar um certificado CA para outra organização (e.g. AS cliente), então essa gera a própria ROA
- Se existir ROA para o prefixo, a origem da rota é validada
- Publicar ROA incorreta é pior do que não publicar!

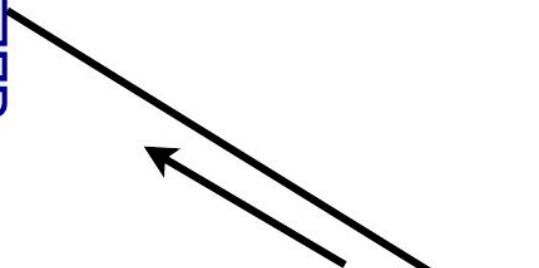
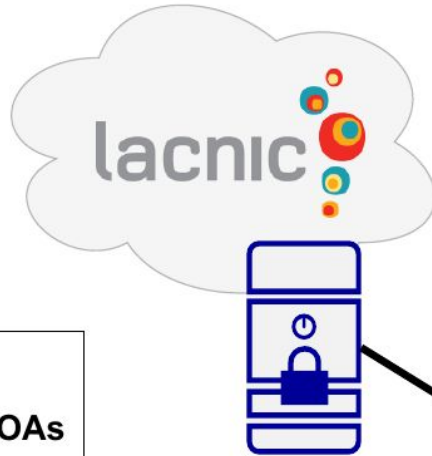
Modos de operação no RPKI

- Existem dois modos de operação no RPKI:
 - **Modo hospedado**
 - LACNIC
 - **Modo delegado**
 - NIC.br

Modo Hospedado



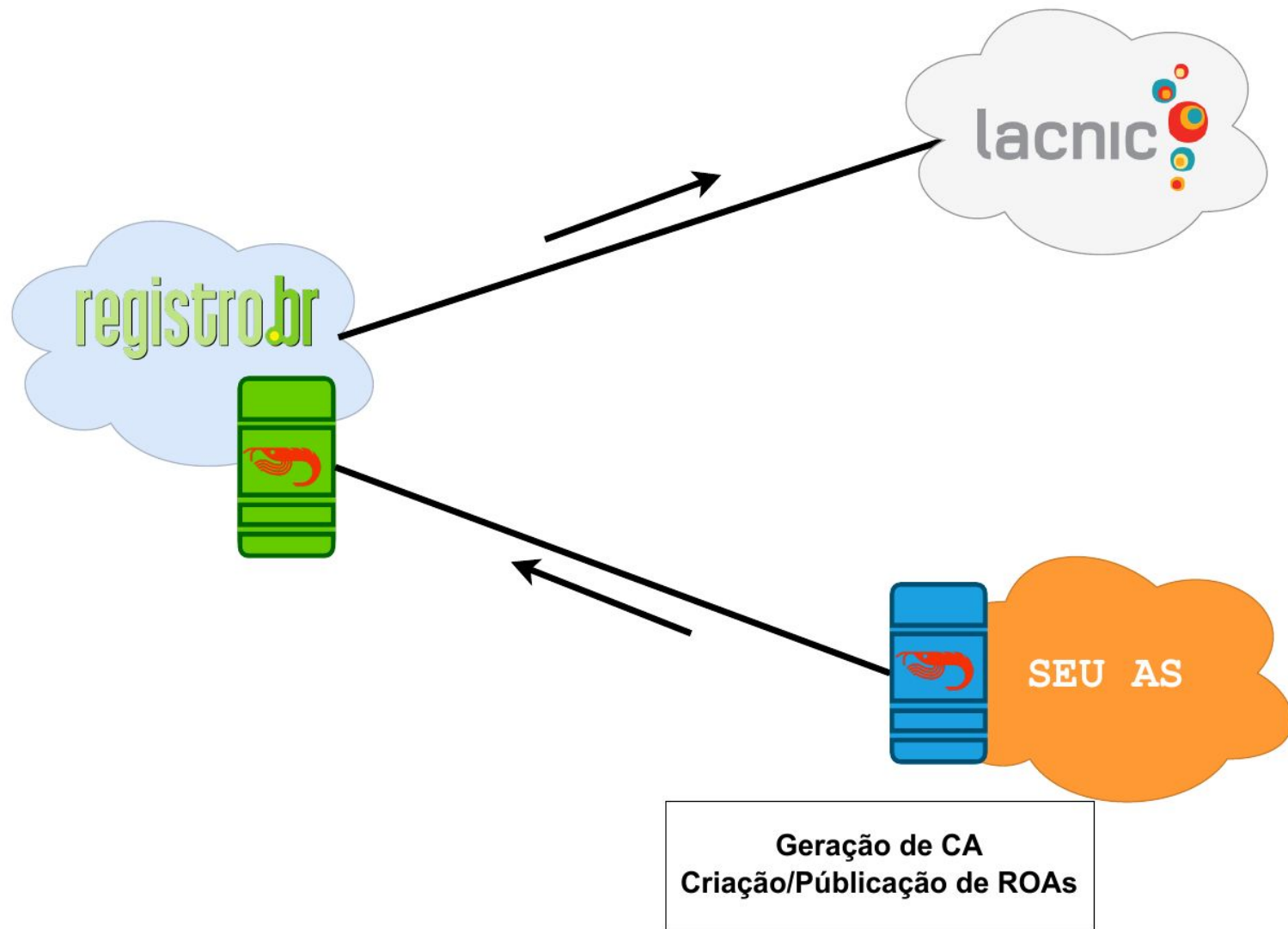
**Geração de CA
Criação/Publicação de ROAs**



Modo Hospedado

- Incentivar a adoção do RPKI
- RIRs
 - Emitem e armazenam os certificados de recursos
 - Armazenam as chaves públicas e privadas
 - Oferecem interface web para os participantes
- AS depende do RIR para realizar suas ações no RPKI

Modo Delegado



Modo Delegado

- Sistema distribuído de CAs
 - Foi desenhado para ser assim
- Facilita a automatização
- Centraliza o gerenciamento das ROAs na organização dona dos recursos
- Controle da chave privada pelo AS
- Permite delegar CAs filhos para clientes
- AS tem mais autonomia no RPKI

Modo Delegado

- **Protocolo UpDown**

- Geração e validação do repositório
- Cada CA armazena a própria chave privada
- Envia seus certificados para assinatura da CA pai
- Publicação de certificados e ROAs
 - Repositório próprio ou de terceiros

Modo Delegado

O que eu preciso?

- **Software CA**
 - Krill - NLnet Labs
- **Servidor de publicação**
 - Servidor proprio (alta disponibilidade)
 - Servidor de terceiros (NIC.br)

O que é o Krill ?

- Software *open source*
 - Criação, gerenciamento, publicação de CAs e ROAs
- Possui repositório próprio, mas permite a utilização de repositório de terceiros
- Funciona por linha de comando e por interface gráfica para usuário

Repositório RPKI

- Armazenam
 - **Resource Certification** -
 - Certificados X.509 + extensão para IPs e ASNs (RFC 3779)
 - **Certificate Revocation List (CRL) - RFC 5280**
 - **Manifests (RFC 6486)**
 - Lista de documentos assinados por um AS
 - **Route Origin Authorisation (ROA) - RFC 6482**
 - Contém a lista de prefixos que podem ser anunciados por um ASN

Manutenção é essencial!

Não esqueça do RPKI!

**Atualize as ROAs
quando mudar os
anúncios!**



nusenu
@nusenu_

On 2018-11-12 @Orange_France AS3215 replaced multiple /16 BGP announcements with /17s, unfortunately they didn't update their #RPKI ROAs causing big junks of IP space to become RPKI-unreachable.

This increases the RPKI unreachable IP space to >10k /24s

nusenu.github.io/RPKI-Observato...



11:18 AM - 16 Nov 2018

Como verificar existencia de ROAs

```
$ whois -h whois.bgpmon.net 200.160.0.0
```

```
Prefix:                200.160.0.0/20
Prefix description:    Registro.BR Network
Country code:         BR
Origin AS:            22548
Origin AS Name:       N?cleo de Inf. e Coord. do Ponto BR
- NIC., BR
RPKI status:          ROA validation successful
First seen:           2011-10-19
Last seen:            2019-12-11
Seen by #peers:       66
```

Visualizando uma ROA

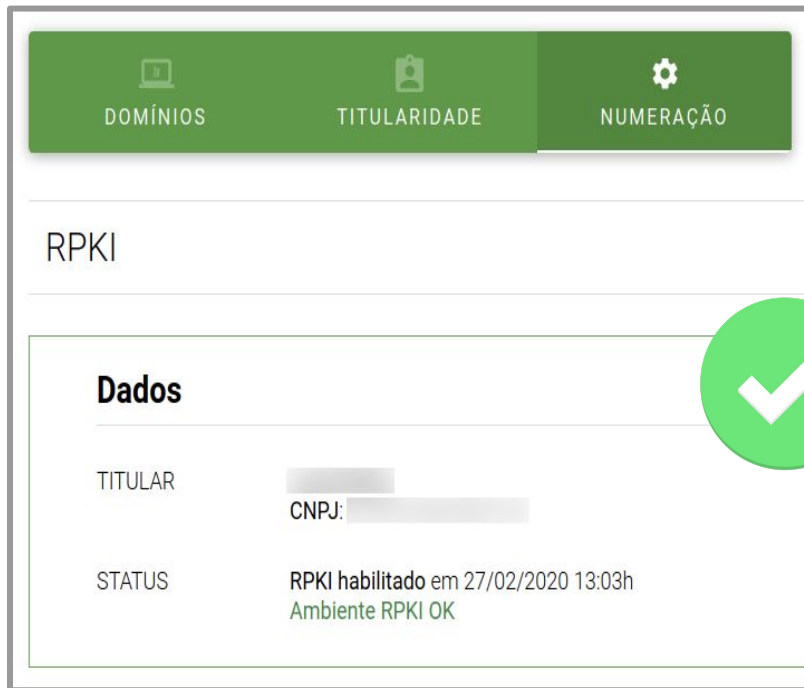
```
$ whois -h whois.bgpmon.net " --roa 22548
200.160.0.0/22"
0 - Valid
-----
ROA Details
-----
Origin ASN:          AS22548
Not valid Before:    2019-12-12 17:20:05
Not valid After:     2020-12-12 17:25:05 Expires in
1y14h24m2.60000000149012s
Trust Anchor:        rpki-repo.registro.br
Prefixes:            200.160.0.0/20 (max length /24)
```

Servidor Krill ?

- **É de extrema importância manter seu servidor Krill sempre ativo!**
 - Documentos do RPKI possuem prazo de validade
 - Atualizações automáticas e periódicas desses documentos são feitas pelo protocolo UpDown
 - Se o servidor Krill ficar inacessível e os documentos expirarem, as rotas **válidas** podem passar a ser consideradas **desconhecidas**

Monitoramento do RPKI pelo Registro.br

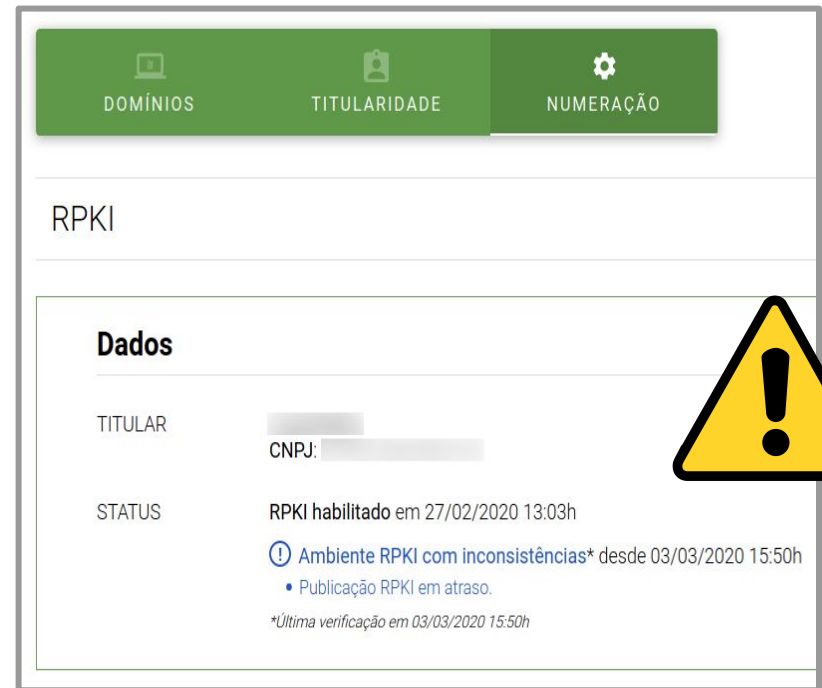
Para ajudar nessa fase inicial da implantação do RPKI, o Registro.br disponibilizou um serviço de monitoramento que informa se suas configurações de RPKI estão corretas.



The screenshot shows the RPKI monitoring interface with a green navigation bar containing 'DOMÍNIOS', 'TITULARIDADE', and 'NUMERAÇÃO'. Below the navigation bar, the text 'RPKI' is displayed. A 'Dados' section contains the following information:

TITULAR	[REDACTED]
CNPJ:	[REDACTED]
STATUS	RPKI habilitado em 27/02/2020 13:03h Ambiente RPKI OK

A large green checkmark icon is overlaid on the right side of the screenshot, indicating a successful configuration.



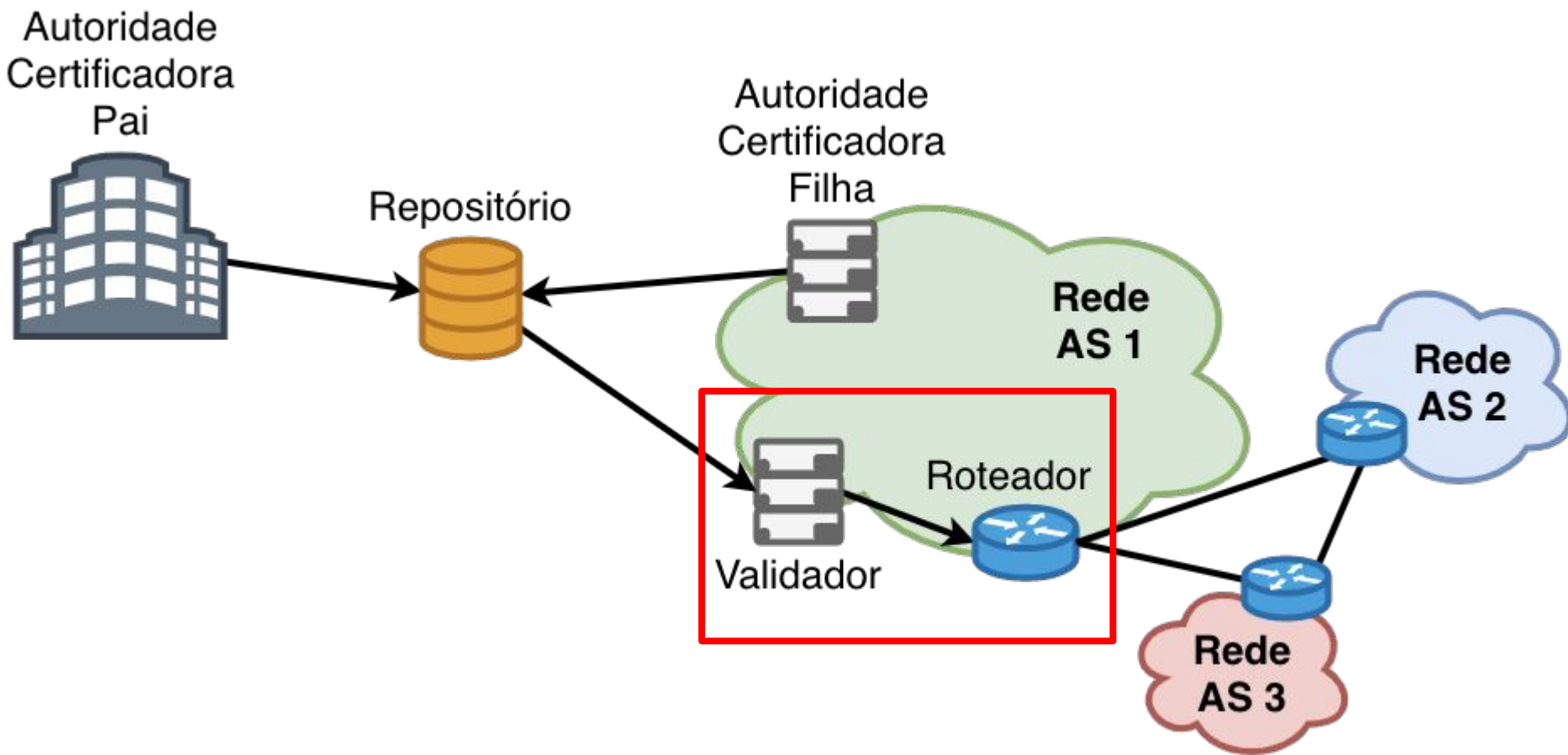
The screenshot shows the RPKI monitoring interface with a green navigation bar containing 'DOMÍNIOS', 'TITULARIDADE', and 'NUMERAÇÃO'. Below the navigation bar, the text 'RPKI' is displayed. A 'Dados' section contains the following information:

TITULAR	[REDACTED]
CNPJ:	[REDACTED]
STATUS	RPKI habilitado em 27/02/2020 13:03h ⚠ Ambiente RPKI com inconsistências* desde 03/03/2020 15:50h • Publicação RPKI em atraso. <small>*Última verificação em 03/03/2020 15:50h</small>

A large yellow warning triangle icon with a black exclamation mark is overlaid on the right side of the screenshot, indicating an error or inconsistency in the configuration.

Parte II: Validação da Origem

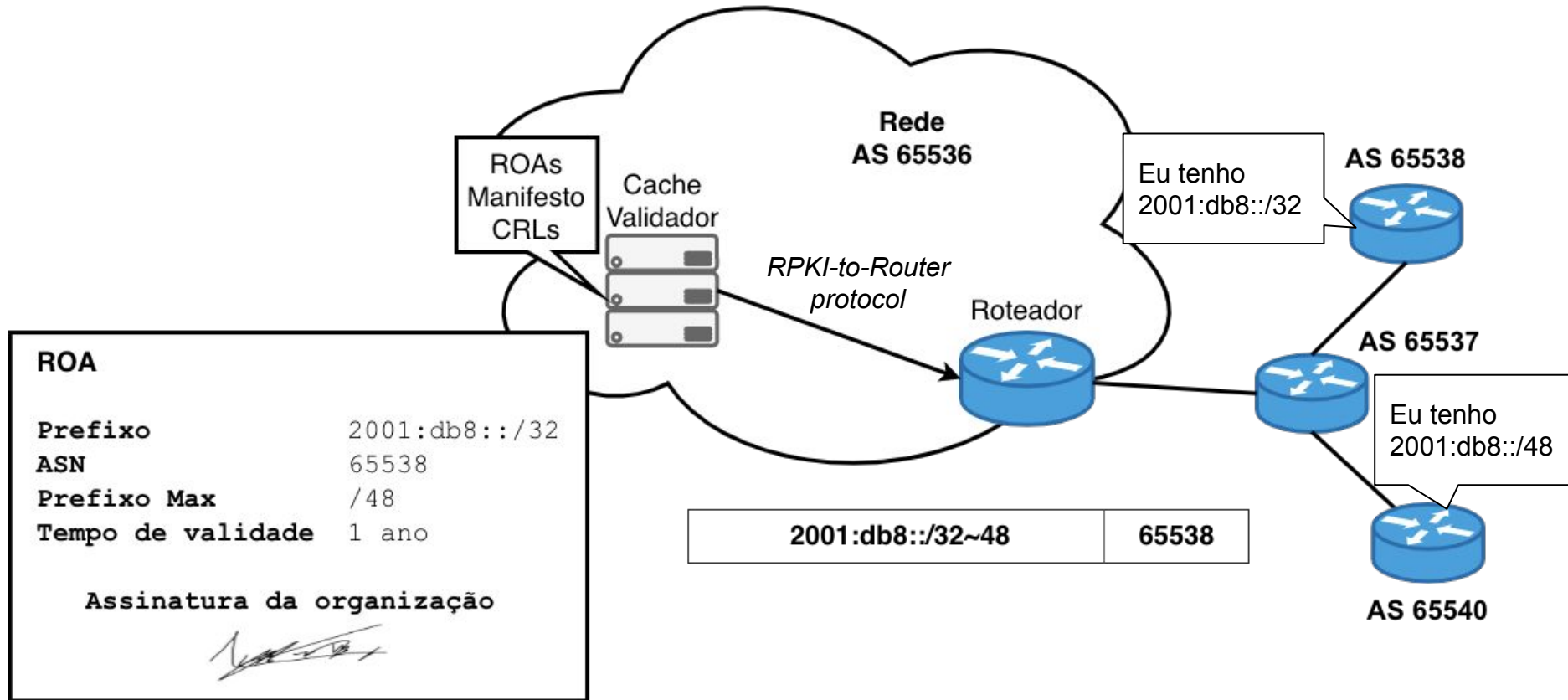
Validação da Origem



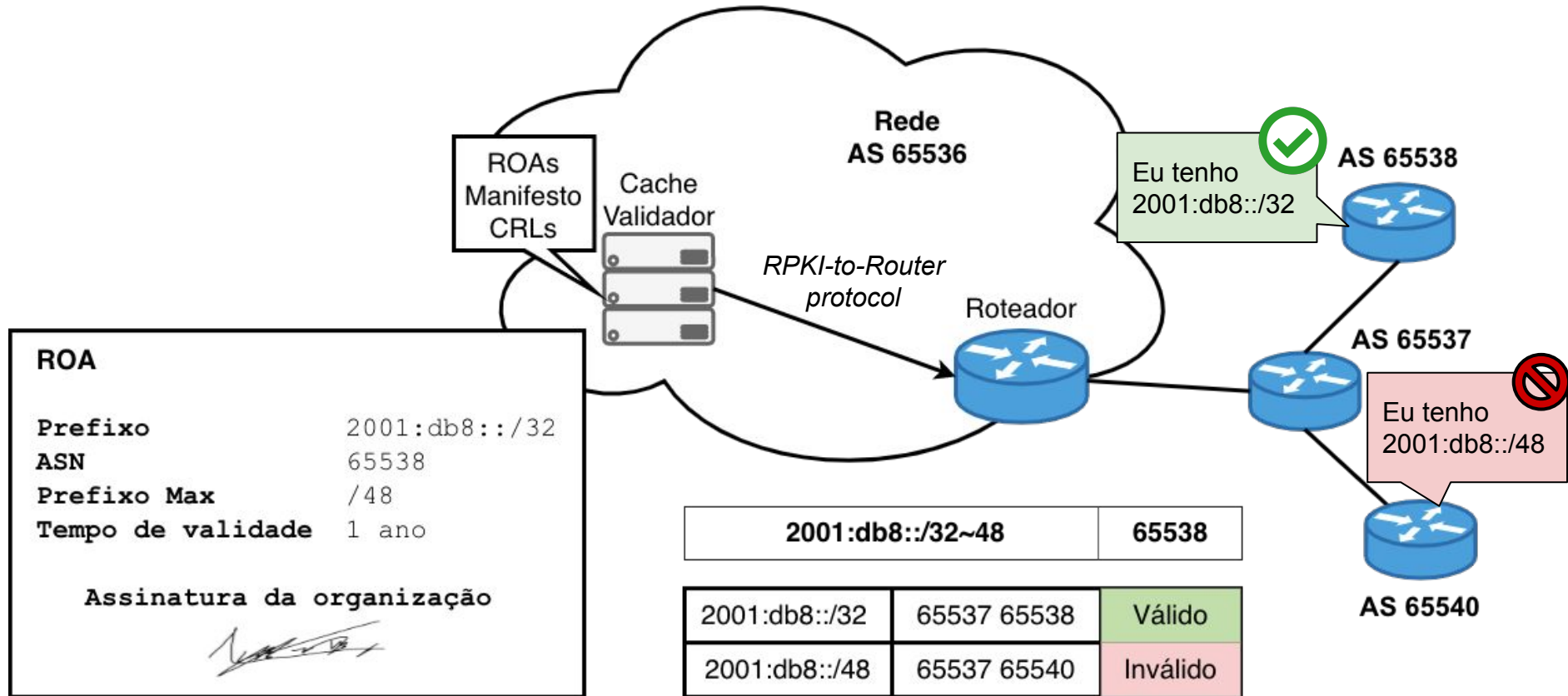
Validação da Origem

- **Validador**
 - Validação dos objetos certificados
 - Software que acessa fontes confiáveis e cria um cache da informação validada
- **Roteador**
 - Validação das rotas
 - BGP habilitado para usar o RPKI
 - Obtém informações do validador e utiliza para influenciar o roteamento

Validação da Origem



Validação da Origem



Roteador

Exemplo:

	AS de Origem	Prefixo	Prefixo Max.
ROA	65536	10.0.0.0/16	/18

Válida	65536	10.0.128.0/17
Inválida	65536	10.0.0.0/24
Desconhecido	65540	10.0.0.0/8

Validador

- Conexão com repositórios confiáveis (RIPE, LACNIC,...)
 - Rsync ou RPKI Repository Delta Protocol (RRDP)
- Cache
 - Atualizações periódicas
- Validação
 - Verificação das assinaturas dos ROAs e certificados
 - Geração de **Verified ROA Payloads (VRP)**
- Envia **VRPs** para o roteador usando o protocolo **RPKI-to-Router (RTR)**

Validador

- Existem vários softwares disponíveis:
 - **ROUTINATOR**
 - FORT (LACNIC)
 - **RIPE validator**
 - RTRlib (bird, FRR, Quagga...)
 - **OctoRPKI & GoRTR (Cloudflare)**
- *Trust Anchor Locator* (TAL) já vem incorporados
 - Localizador para os 5 RIRs
 - ARIN necessário aceitar o termo de uso!

Roteador

- Recebem VRPs do validador e utilizam para tomar decisões de roteamento
- Uma rota pode ser classificada como:
 - **Válida**: A origem e o prefixo máximo estão de acordo com a informação do ROA
 - **Inválida**: A informação não está de acordo com o ROA
 - **Desconhecido**: Não existe ROA para o prefixo verificado

Roteador

- Suporte a validação na origem
- Hardware
 - Juniper
 - Junos versão 12.2 e superiores
 - Cisco
 - IOS release 15.2 e superiores
 - Cisco IOS/XR desde a 4.3.2
 - Nokia
 - Release R12.0R4 e superiores rodando no 7210 SAS, 7750 SR, 7950 XRS ou VSR.

Roteador

- Existem vários softwares com suporte a RPKI:
 - BIRD
 - OpenBGPD
 - FRRouting
 - GoBGP
 - VyOS

Fonte: <https://rpki.readthedocs.io/en/latest/rpki/router-support.html>

Roteador

- Políticas de roteamento podem ser estabelecidas em cima da validação das rotas
 - Alterar preferências
 - Atribuir *communities*
 - Aplicar filtros

Colaboração é essencial: Adoção do RPKI



% valid Prefix/Origin AS pairs

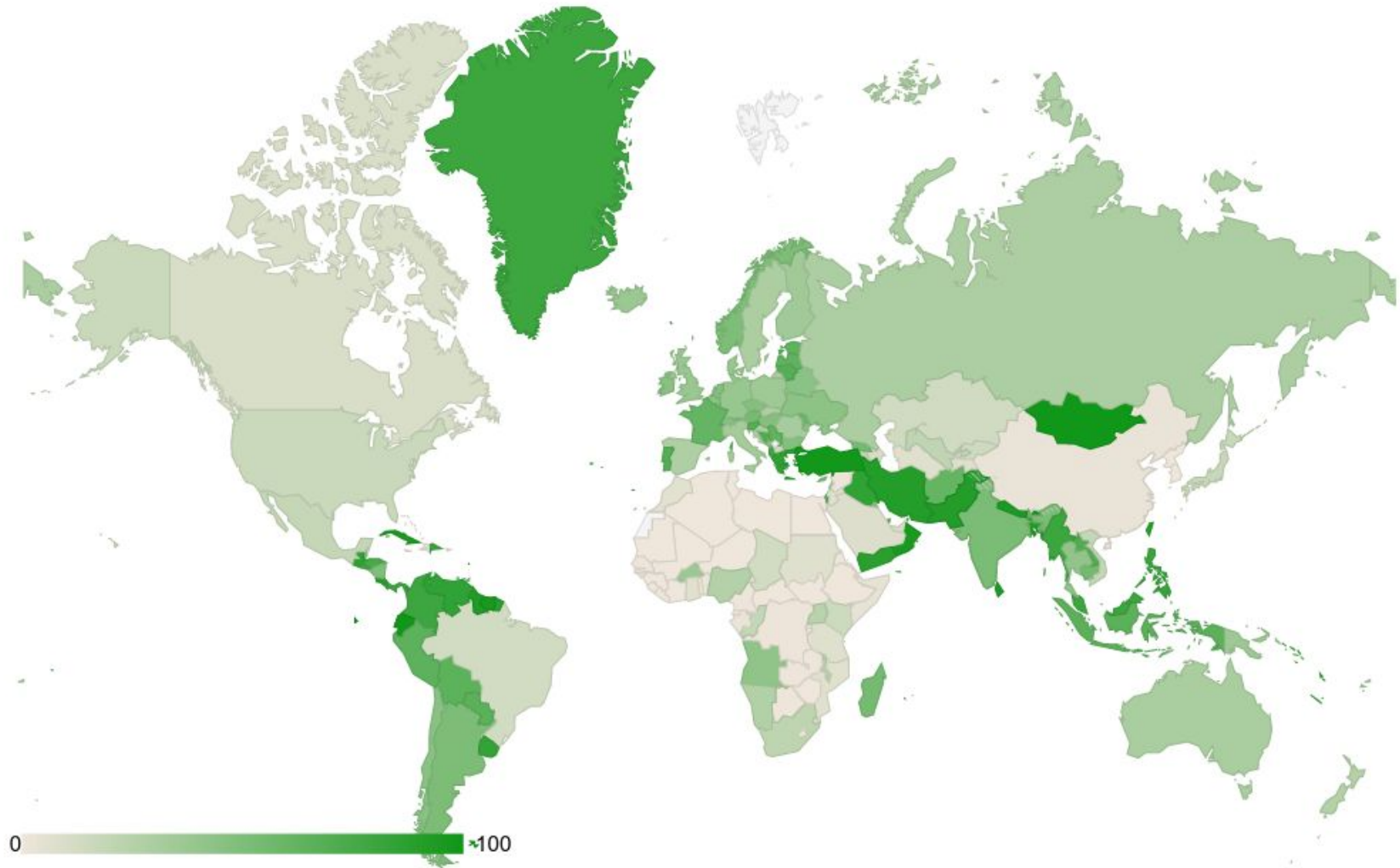


0 20 40 60

Highcharts.com © Natural Earth

Fonte: https://monitor.fortproject.net/en/rpki_map

Colaboração é essencial: Adoção do RPKI

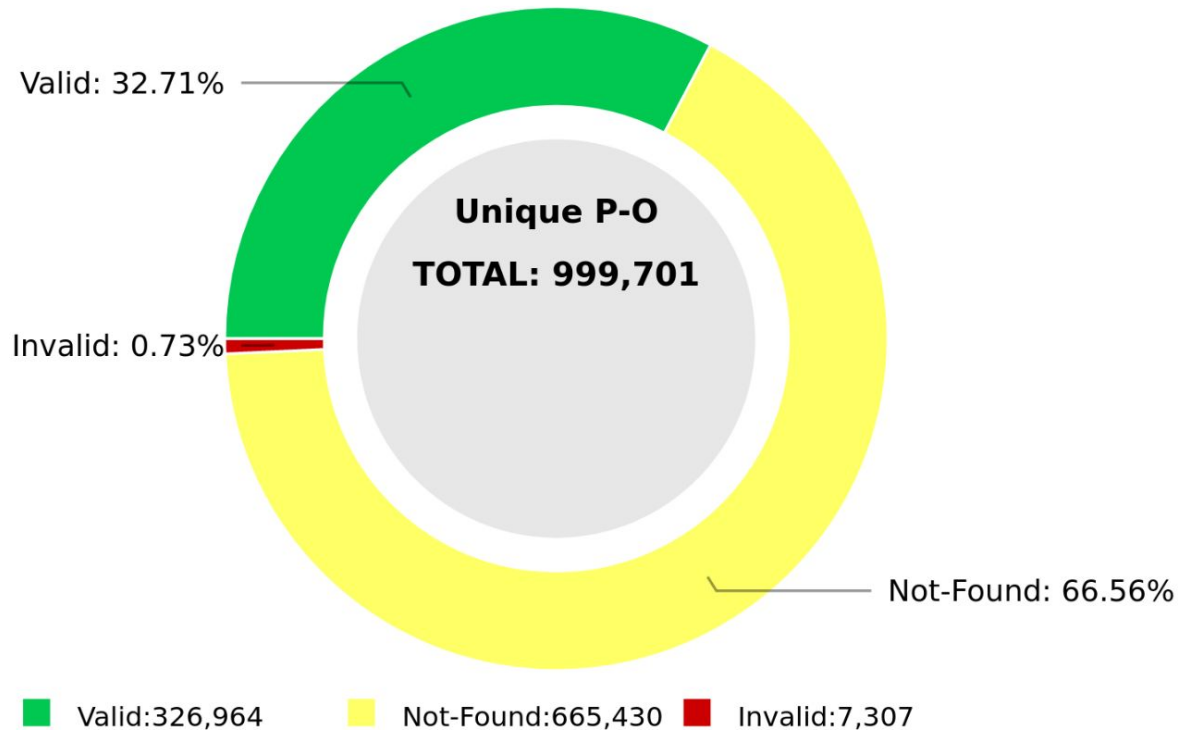


Fonte: <https://lirportal.ripe.net/certification/content/static/statistics/world-roas.html>

Validação de Rotas

Análise da tabela completa do BGP em relação aos prefixos anunciados nos RPKIs

RPKI-ROV Analysis of Unique Prefix-Origin Pairs (IPv4)



NIST RPKI Monitor RPKI-ROV Analysis

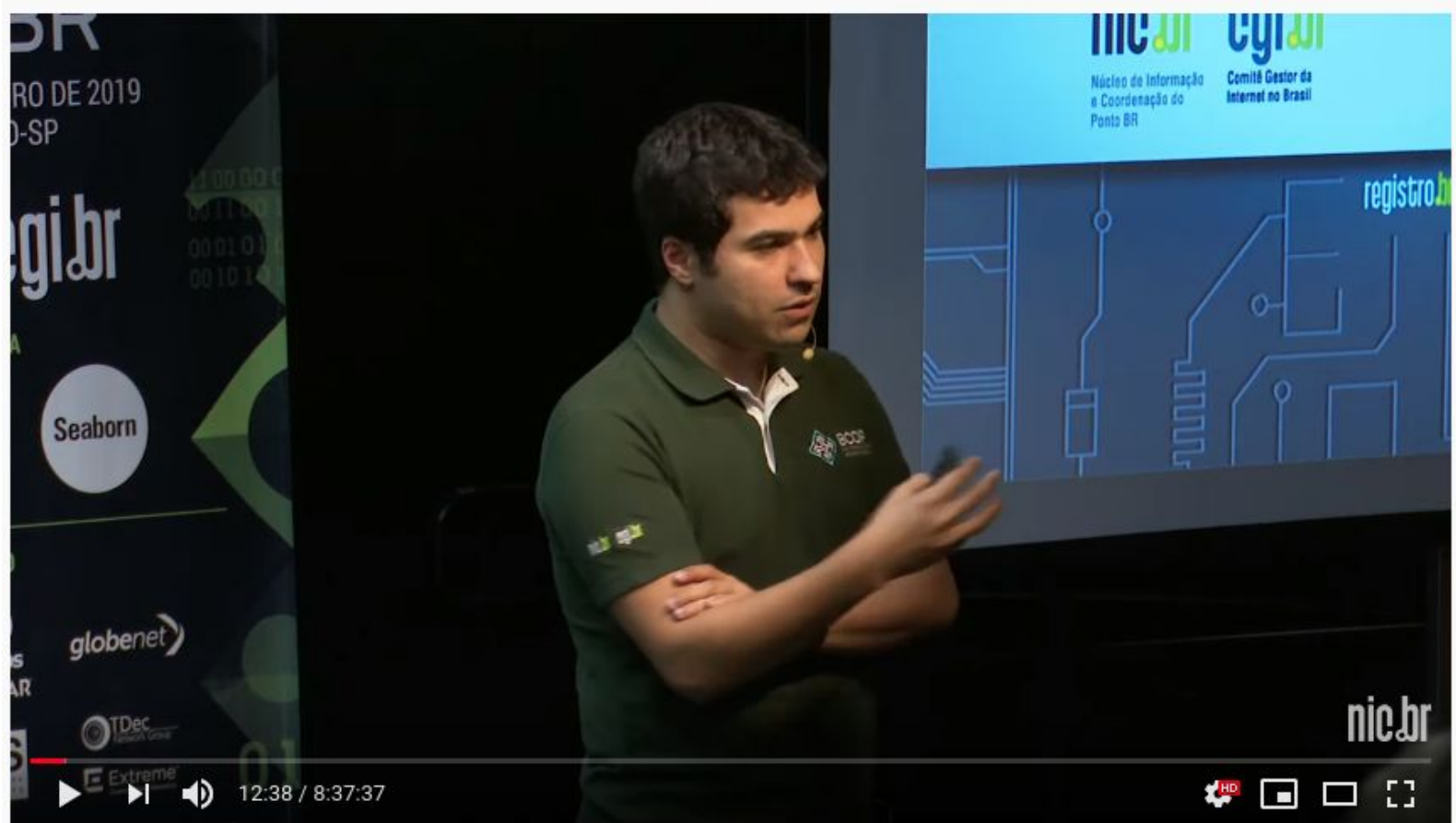
Protocol: IPv4

RIR: All

Date: 2021-11-11 06:00

Fonte: <https://rpki-monitor.antd.nist.gov/?p=0&s=0>

Saiba mais



<https://www.youtube.com/watch?v=A6F3OswNyh8>

Saiba mais



<https://www.youtube.com/watch?v=jSvMCjPoFME>

Saiba mais

SEMANA DE CAPACITAÇÃO 3
EDIÇÃO ON-LINE

RPKI: APRENDA COM QUEM DESENVOLVEU OS VALIDADORES

1º DE OUTUBRO, ÀS 9H (UTC -3)
semanacap.bcp.nic.br

ceptro.br nic.br cgi.br

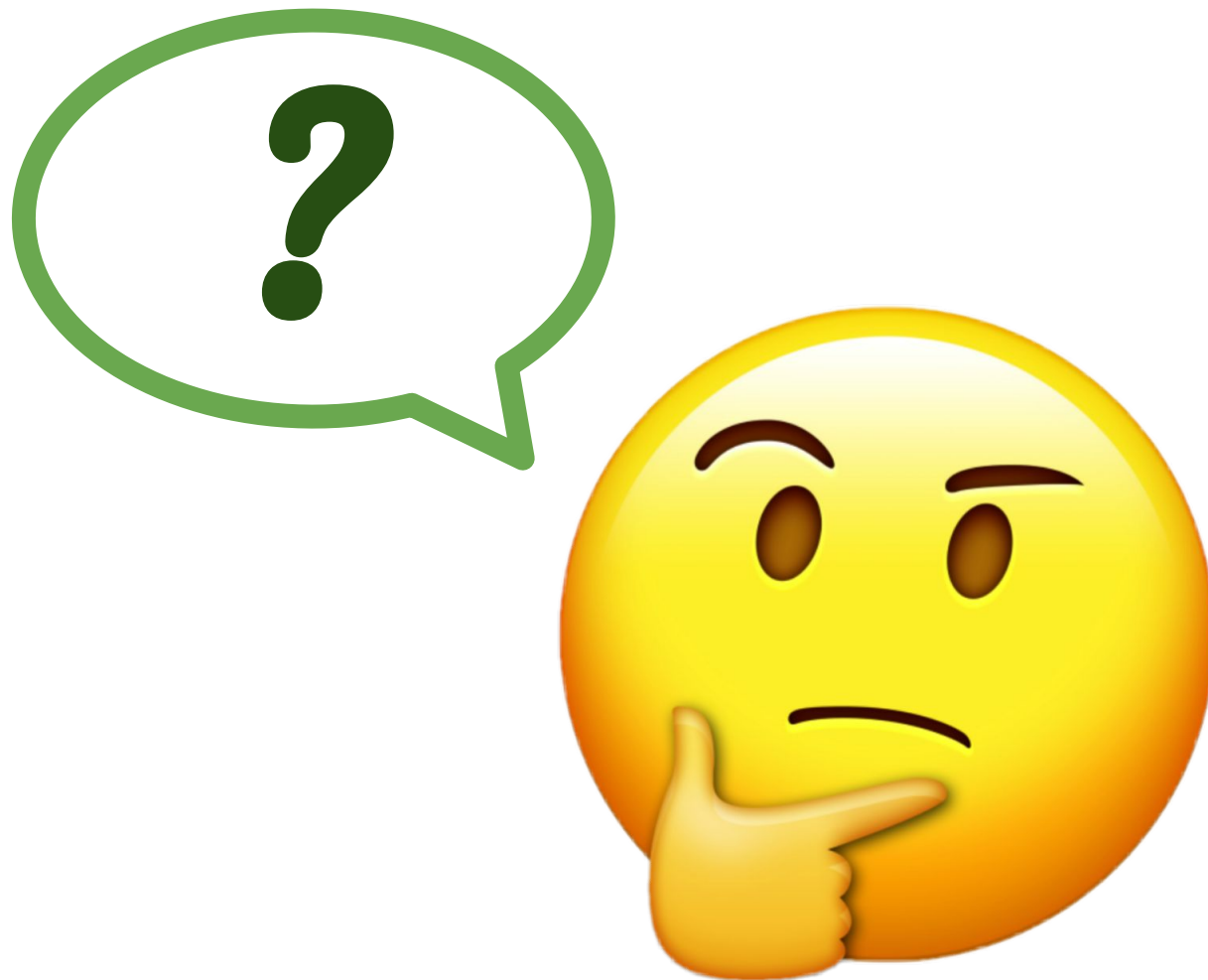
nic.br

0:00 / 3:30:47 • Abertura >

YouTube player controls: play, next, volume, full screen, etc.

<https://www.youtube.com/watch?v=mvQ2GxslhKo>

Dúvidas??



Patrocínio Super Like



Apoio de Mídia



Obrigado!

Equipe de cursos do CEPTRO.br

@cursosceptro@nic.br

@hostmaster@registro.br

nic.br **cgi.br**

www.nic.br | www.cgi.br