



# Guia de Operações do OmniPGW

**OmniPGW - Controle de Plano de Controle do Gateway de Pacotes (PGW-C)**

por Omnitouch Network Services

---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Arquitetura](#)
  3. [Interfaces de Rede](#)
  4. [Conceitos Chave](#)
  5. [Introdução](#)
  6. [Configuração](#)
  7. [Interface Web - Painel de Operações em Tempo Real](#)
  8. [Monitoramento & Métricas](#)
  9. [Documentação Detalhada](#)
  10. [Recursos Adicionais](#)
  11. [Contribuindo](#)
  12. [Suporte](#)
- 

## Visão Geral

**OmniPGW** é uma implementação de alto desempenho do Controle de Plano de Controle do Gateway de Pacotes (PGW-C) para redes 3GPP LTE Evolved Packet Core (EPC), desenvolvida pela Omnitouch Network Services. Ele gerencia as funções do plano de controle para sessões de dados, incluindo:

- **Gerenciamento de Sessão** - Criar, modificar e encerrar sessões de dados do UE (Equipamento do Usuário)
- **Alocação de Endereço IP** - Atribuindo endereços IP a dispositivos móveis a partir de pools configurados
- **Controle de Políticas e Cobrança** - Interface com PCRF para aplicação de políticas e cobrança
- **Coordenação do Plano do Usuário** - Controlando o PGW-U (Plano do Usuário) para encaminhamento de pacotes

## O que o PGW-C Faz

- **Aceita solicitações de sessão** do SGW-C via interface S5/S8 (GTP-C)

- **Aloca endereços IP do UE** a partir de pools de sub-rede configurados
  - **Solicita decisões de políticas** do PCRF via interface Gx (Diameter)
  - **Programa regras de encaminhamento** no PGW-U via interface Sxb (PFCP)
  - **Gerencia a aplicação de QoS** através de contextos de bearer e regras de QoS
  - **Rastreia informações de cobrança** para sistemas de faturamento
- 

## Arquitetura

### Visão Geral dos Componentes

#### Arquitetura do Processo

O PGW-C é construído sobre Elixir/OTP e utiliza uma arquitetura de processo supervisionada:

- **Supervisor da Aplicação** - Supervisor de nível superior gerenciando todos os componentes
- **Corretores de Protocolo** - Lidam com mensagens de protocolo de entrada/saída
- **Processos de Sessão** - Um GenServer por conexão PDN ativa
- **Registros** - Rastreiam recursos alocados (IPs, TEIDs, SEIDs, etc.)
- **Gerenciador de Nó PFCP** - Mantém associações PFCP com peers PGW-U

Cada componente é supervisionado e será reiniciado automaticamente em caso de falha, garantindo a confiabilidade do sistema.

---

## Interfaces de Rede

O PGW-C implementa três interfaces principais do 3GPP:

### Interface S5/S8 (GTP-C v2)

**Propósito:** Sinalização do plano de controle entre SGW-C e PGW-C

**Protocolo:** GTP-C Versão 2 sobre UDP

#### Mensagens Chave:

- Solicitação/Resposta de Criação de Sessão
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão
- Solicitação/Resposta de Criação de Bearer
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Bearer

**Configuração:** Veja [Configuração S5/S8](#)

## Interface Sxb (PFCP)

**Propósito:** Sinalização do plano de controle entre PGW-C e PGW-U

**Protocolo:** PFCP (Protocolo de Controle de Encaminhamento de Pacotes) sobre UDP

**Mensagens Chave:**

- Solicitação/Resposta de Configuração de Associação
- Solicitação/Resposta de Estabelecimento de Sessão
- Solicitação/Resposta de Modificação de Sessão
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão
- Solicitação/Resposta de Heartbeat

**Configuração:** Veja [Documentação da Interface PFCP/Sxb](#)

## Interface Gx (Diameter)

**Propósito:** Interface da Função de Controle de Políticas e Cobrança (PCRF)

**Protocolo:** Diameter (IETF RFC 6733)

**Mensagens Chave:**

- Solicitação/Resposta de Controle de Crédito Inicial (CCR-I/CCA-I)
- Solicitação/Resposta de Controle de Crédito de Término (CCR-T/CCA-T)

**Configuração:** Veja [Documentação da Interface Diameter Gx](#)

---

# Conceitos Chave

## Sessão PDN

Uma Sessão PDN (Rede de Dados de Pacotes) representa a conexão de dados de um UE a uma rede externa (como a Internet). Cada sessão possui:

- **Endereço IP do UE** - Alocado a partir de um pool de sub-rede configurado
- **APN** (Nome do Ponto de Acesso) - Identifica a rede externa
- **Contexto de Bearer** - Contém parâmetros de QoS e informações de túnel
- **ID de Cobrança** - Identificador único para faturamento
- **TEID** (ID de Ponto de Extremidade do Túnel) - Identificador de túnel da interface S5/S8
- **SEID** (ID de Ponto de Extremidade da Sessão) - Identificador de sessão da

interface Sxb

## Contexto de Bearer

Um bearer representa um fluxo de tráfego com características específicas de QoS:

- **Bearer Padrão** - Criado com cada sessão PDN
- **Bearers Dedicados** - Bearers adicionais para necessidades específicas de QoS
- **EBI** (ID de Bearer EPS) - Identificador único para cada bearer
- **Parâmetros de QoS** - QCI, ARP, taxas de bits (MBR, GBR)

## Regras PFCP

O PGW-C programa o PGW-U com regras de processamento de pacotes:

- **PDR** (Regra de Detecção de Pacotes) - Combina pacotes (uplink/downlink)
- **FAR** (Regra de Ação de Encaminhamento) - Especifica o comportamento de encaminhamento
- **QER** (Regra de Aplicação de QoS) - Aplica limites de taxa de bits
- **BAR** (Regra de Ação de Bufferização) - Controla a bufferização de pacotes

Veja [Documentação da Interface PFCP](#) para detalhes.

## Alocação de Endereço IP

Os endereços IP do UE são alocados a partir de pools de sub-rede configurados:

- **Seleção baseada em APN** - Diferentes APNs podem usar diferentes sub-redes
- **Alocação dinâmica** - Seleção aleatória de IP do intervalo disponível
- **Alocação estática** - Suporte para endereços IP solicitados pelo UE
- **Detecção de colisão** - Garante a atribuição única de IP

Veja [Alocação de Pool de IP do UE](#) para configuração.

---

# Introdução

## Pré-requisitos

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- Conectividade de rede com SGW-C, PGW-U e PCRF
- Compreensão da arquitetura EPC LTE

## Iniciando o OmniPGW

1. **Configure as configurações de tempo de execução** em config/runtime.exs
2. **Compile a aplicação:**

```
mix deps.get  
mix compile
```

3. **Inicie a aplicação:**

```
mix run --no-halt
```

## Verificando a Operação

Verifique os logs para startup bem-sucedido:

```
[info] Iniciando OmniPGW...  
[info] Iniciando Exportador de Métricas em 127.0.0.42:42069  
[info] Iniciando Corretor S5/S8 em 127.0.0.10  
[info] Iniciando Corretor Sxb em 127.0.0.20  
[info] Iniciando Corretor Gx  
[info] Iniciando Gerenciador de Nó PFCP  
[info] OmniPGW iniciado com sucesso
```

Acesse as métricas em <http://127.0.0.42:42069/metrics> (endereço configurado).

---

## Configuração

Toda a configuração em tempo de execução é definida em config/runtime.exs. A configuração é estruturada em várias seções:

### Visão Geral da Configuração

### Referência Rápida de Configuração

Seção	Propósito	Documentação
<b>metrics</b>	Exportador de métricas Prometheus	<a href="#">Guia de Monitoramento</a>
<b>diameter</b>	Interface Gx para PCRF	<a href="#">Configuração Diameter Gx</a>
<b>s5s8</b>	Interface GTP-C para SGW-C	<a href="#">Configuração S5/S8</a>
<b>sxb</b>	Interface PFCP para PGW-U	<a href="#">Configuração PFCP</a>
<b>ue</b>	Pools de endereços IP do UE	<a href="#">Configuração de Pool de IP</a>
<b>pco</b>	Opções de Configuração de Protocolo	<a href="#">Configuração PCO</a>

Veja o [Guia de Configuração Completo](#) para informações detalhadas.

---

## Interface Web - Painel de Operações em Tempo Real

O OmniPGW inclui uma **Interface Web** integrada para monitoramento e operações em tempo real, proporcionando visibilidade instantânea sobre o status do sistema sem a necessidade de ferramentas de linha de comando ou consultas de métricas.

### Acessando a Interface Web

`http://<omnipgw-ip>:<web-port>/`

#### Páginas Disponíveis:

Página	URL	Propósito	Taxa de Atualização
Sessões PGW	/pgw_sessions	Visualizar todas as sessões PDN ativas	2 segundos
Sessões PFCP	/pfcp_sessions	Visualizar sessões PFCP com PGW-U	2 segundos
Status UPF	/upf_status	Monitorar associações de peers PFCP	2 segundos
Peers Diameter	/diameter	Monitorar conectividade PCRF	1 segundo
Logs	/logs	Streaming de logs em tempo real	Ao vivo

### Principais Recursos

#### Atualizações em Tempo Real:

- Todas as páginas atualizam automaticamente (sem necessidade de recarregar manualmente)
- Streaming de dados ao vivo dos processos do OmniPGW
- Indicadores de status codificados por cor (verde/vermelho)

#### Busca & Filtro:

- Pesquisar sessões por IMSI, IP, MSISDN ou APN
- Filtragem instantânea sem recarregar a página

#### Detalhes Expansíveis:

- Clique em qualquer linha para ver detalhes completos
- Inspecionar estado completo da sessão
- Visualizar configuração e capacidades do peer

### **Sem Autenticação Necessária (Uso Interno):**

- Acesso direto da rede de gerenciamento
- Projetado para uso da equipe de NOC/operações
- Vincular apenas ao IP de gerenciamento por segurança

## **Fluxos de Trabalho Operacionais**

### **Solução de Problemas de Sessão:**

1. Usuário relata problema de conexão
2. Abra a página Sessões PGW
3. Pesquise por IMSI ou número de telefone
4. Verifique se a sessão existe e tem:
  - Endereço IP do UE alocado
  - Parâmetros de QoS do PCRF
  - Pontos de extremidade do túnel estabelecidos
5. Se nenhuma sessão encontrada → Verifique a página Diameter para conectividade PCRF

### **Verificação de Saúde do Sistema:**

1. Abra a página Status UPF → Verifique se todos os peers PGW-U estão "Associados"
2. Abra a página Diameter → Verifique se todos os peers PCRF estão "Conectados"
3. Abra Sessões PGW → Verifique a contagem de sessões ativas em comparação com a capacidade

### **Monitoramento de Capacidade:**

- Dê uma olhada na contagem de Sessões PGW
- Compare com a capacidade licenciada/esperada
- Identifique horários de pico de uso
- Monitore a distribuição entre APNs

## **Interface Web vs. Métricas**

### **Use a Interface Web para:**

- Detalhes de sessão individuais
- Status de peers em tempo real
- Verificações rápidas de saúde
- Solução de problemas de usuários específicos

- Verificação de configuração

## Use Métricas Prometheus para:

- Tendências históricas
- Alertas e notificações
- Gráficos de planejamento de capacidade
- Análise de desempenho
- Monitoramento de longo prazo

**Melhor Prática:** Use ambos juntos - Interface Web para operações imediatas, Prometheus para tendências e alertas.

---

# Monitoramento & Métricas

Além da Interface Web, o OmniPGW expõe métricas compatíveis com Prometheus para monitoramento:

## Métricas Disponíveis

- **Métricas de Sessão**

- teid\_registry\_count - Sessões S5/S8 ativas
- seid\_registry\_count - Sessões PFCP ativas
- session\_id\_registry\_count - Sessões Gx ativas
- address\_registry\_count - Endereços IP do UE alocados
- charging\_id\_registry\_count - IDs de cobrança ativas

- **Métricas de Mensagens**

- s5s8\_inbound\_messages\_total - Mensagens GTP-C recebidas
- sxb\_inbound\_messages\_total - Mensagens PFCP recebidas
- gx\_inbound\_messages\_total - Mensagens Diameter recebidas
- Distribuições de duração de manuseio de mensagens

- **Métricas de Erro**

- s5s8\_inbound\_errors\_total - Erros de protocolo S5/S8
- sxb\_inbound\_errors\_total - Erros de protocolo PFCP
- gx\_inbound\_errors\_total - Erros Diameter

## Acessando Métricas

As métricas são expostas via HTTP no endpoint configurado:

```
curl http://127.0.0.42:42069/metrics
```

**Veja [Guia de Monitoramento & Métricas](#) para configuração de painel e alertas.**

---

# Documentação Detalhada

Esta seção fornece uma visão abrangente de toda a documentação do OmniPGW. Os documentos estão organizados por tópico e caso de uso.

## Estrutura da Documentação

Documentação OmniPGW		
└── OPERATIONS.md (Este Guia)		
└── docs/		
└── Configuration & Setup	└── <a href="#">configuration.md</a>	Referência completa do runtime.exs
└── ue-ip-allocation.md		Configuração de pool de IP
└── pco-configuration.md		Configurações de DNS, P-CSCF, MTU
└── Interfaces de Rede		
└── pfcp-interface.md		Sxb/PFCP (comunicação PGW-U)
└── diameter-gx.md		Gx (comunicação PCRF)
└── diameter-gy.md		Gy/Ro (comunicação OCS)
└── s5s8-interface.md		S5/S8 (comunicação SGW-C)
└── Operações		
└── session-management.md		Ciclo de vida da sessão PDN
└── monitoring.md		Métricas Prometheus & alertas

## Documentação por Tópico

### ◊ Introdução Rápida

Documento	Descrição	Propósito
<a href="#">OPERATIONS.md</a>	Guia principal de operações (este documento)	Visão geral e início rápido

### ⊗ Configuração

Documento	Descrição	Linhas
<a href="#">configuration.md</a>	Referência completa do runtime.exs	1.600+
<a href="#">ue-ip-allocation.md</a>	Gerenciamento e alocação de pool de IP do UE	943

<b>Documento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Linhas</b>
<a href="#"><b>pco-configuration.md</b></a>	Opções de Configuração de Protocolo (DNS, P-CSCF, MTU)	344

## ◊ Interfaces de Rede

<b>Documento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Linhas</b>
<a href="#"><b>pfcp-interface.md</b></a>	Interface PFCP/Sxb para PGW-U	1.355
<a href="#"><b>diameter-gx.md</b></a>	Interface Diameter Gx para PCRF (Controle de Políticas)	941
<a href="#"><b>diameter-gy.md</b></a>	Interface Diameter Gy/Ro para OCS (Cobrança Online)	1.100+
<a href="#"><b>s5s8-interface.md</b></a>	Interface GTP-C S5/S8 para SGW-C	456

## ◊ Operações & Monitoramento

<b>Documento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Linhas</b>
<a href="#"><b>session-management.md</b></a>	Ciclo de vida e operações da sessão PDN	435
<a href="#"><b>monitoring.md</b></a>	Métricas Prometheus, painéis Grafana, alertas	807

## Recursos da Documentação

### ◊ Diagramas Mermaid

Todos os documentos incluem **gráficos Mermaid** para compreensão visual:

- Diagramas de arquitetura
- Diagramas de sequência (fluxos de mensagens)
- Máquinas de estado
- Topologia de rede

### ◊ Exemplos Práticos

Cada documento inclui:

- Exemplos de configuração do mundo real
- Configurações prontas para copiar e colar
- Casos de uso comuns

### ◊ Solução de Problemas

Cada documento de interface inclui:

- Problemas comuns e soluções
- Comandos de depuração

- Métricas para diagnóstico

## ◊ Referências Cruzadas

Os documentos estão extensivamente interligados para fácil navegação.

## Caminhos de Leitura

### Para Operadores de Rede

1. [OPERATIONS.md](#) - Visão geral (este documento)
2. [configuration.md](#) - Configuração
3. [monitoring.md](#) - Monitoramento
4. [session-management.md](#) - Operações diárias

### Para Engenheiros de Rede

1. [OPERATIONS.md](#) - Visão geral da arquitetura (este documento)
2. [pfcp-interface.md](#) - Controle do plano do usuário
3. [diameter-gx.md](#) - Controle de políticas
4. [diameter-gy.md](#) - Cobrança online
5. [s5s8-interface.md](#) - Gerenciamento de sessão
6. [ue-ip-allocation.md](#) - Gerenciamento de IP

### Para Configuração & Implantação

1. [configuration.md](#) - Referência completa
2. [ue-ip-allocation.md](#) - Pools de IP
3. [pco-configuration.md](#) - Parâmetros de rede
4. [monitoring.md](#) - Configurar monitoramento

## Estatísticas do Documento

- **Total de Documentos:** 10
- **Total de Linhas:** ~7.300+
- **Tamanho Total:** ~180 KB
- **Diagramas Mermaid:** 65+
- **Exemplos de Código:** 120+

## Conceitos Chave Abordados

### Arquitetura

- ◊ Separação do plano de controle/plano do usuário
- ◊ Arquitetura OTP/Elixir
- ◊ Supervisão de processos

- ♦ Sessões baseadas em GenServer

## Protocolos

- ♦ PFCP (Protocolo de Controle de Encaminhamento de Pacotes)
- ♦ GTP-C v2 (Protocolo de Tunelamento GPRS)
- ♦ Diameter (RFC 6733)

## Interfaces 3GPP

- ♦ Sxb (PGW-C ↔ PGW-U)
- ♦ Gx (PGW-C ↔ PCRF)
- ♦ Gy/Ro (PGW-C ↔ OCS)
- ♦ S5/S8 (SGW-C ↔ PGW-C)

## Operações

- ♦ Gerenciamento de sessão
  - ♦ Estratégias de alocação de IP
  - ♦ Aplicação de QoS
  - ♦ Integração de cobrança
  - ♦ Monitoramento & alertas
- 

## Recursos Adicionais

### Especificações 3GPP

Especificação	Título
TS 29.274	GTP-C v2 (interface S5/S8)
TS 29.244	PFCP (interface Sxb)
TS 29.212	Interface Diameter Gx (Controle de Políticas)
TS 32.299	Aplicações de Cobrança Diameter (Gy/Ro)
TS 32.251	Cobrança de domínio de Pacotes
TS 23.401	Arquitetura EPC

### Documentação Relacionada

- README do Projeto: [README.md](#)
  - Arquivo de configuração: [config/runtime.exs](#)
- 

## Contribuindo

Para atualizar a documentação:

1. Edite os arquivos Markdown em docs/
  2. Inclua diagramas Mermaid para conceitos visuais
  3. Adicione exemplos práticos
  4. Referencie documentos relacionados
  5. Atualize o OPERATIONS.md se adicionar novos documentos
- 

## Links Rápidos

- [Repositório do GitHub](#)
  - [README do Projeto](#)
  - [Arquivo de Configuração](#)
- 

## Supporte

Para perguntas ou problemas com o OmniPGW:

- Revise a documentação neste guia
  - Verifique exemplos de configuração
  - Consulte seções de solução de problemas nos documentos de interface
  - Consulte o repositório do projeto para contribuições
- 

**OmniPGW** - *Plano de Controle do Gateway de Pacotes LTE de grau de operadora*

*Desenvolvido pela Omnitouch Network Services*

**Versão da Documentação:** 1.0 **Última Atualização:** 2025-10-29



# Guia de Configuração do OmniPGW

**Referência Completa para Configuração do runtime.exs**

*por Omnitouch Network Services*

---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Estrutura do Arquivo de Configuração](#)
  3. [Configuração de Métricas](#)
  4. [Configuração Diameter/Gx](#)
  5. [Configuração S5/S8](#)
  6. [Configuração Sxb/PFCP](#)
    - [Estratégias de Seleção de UPF](#)
    - [Balanceamento de Carga com Pools de UPF](#)
    - [Seleção Baseada em DNS](#)
    - [Modo de Execução Simulada](#)
  7. [Configuração do Pool de IP do UE](#)
  8. [Configuração PCO](#)
  9. [Configuração da Interface Web](#)
  10. [Exemplo Completo](#)
  11. [Validação da Configuração](#)
- 

## Visão Geral

OmniPGW usa **configuração em tempo de execução** definida em config/runtime.exs. Este arquivo é avaliado na **inicialização da aplicação** e permite configuração dinâmica com base em variáveis de ambiente ou fontes externas.

## Filosofia de Configuração

### Princípios Chave:

- **Fonte Única de Verdade** - Toda configuração em um único arquivo
  - **Segurança de Tipo** - Configuração validada na inicialização
  - **Flexibilidade de Ambiente** - Suporte para dev, teste, produção
  - **Defaults Claros** - Defaults sensatos com substituições explícitas
-

# Estrutura do Arquivo de Configuração

## Localização do Arquivo

```
pgw_c/
  └── config/
    ├── config.exs          # Configuração base (importa runtime.exs)
    ├── dev.exs              # Configuração específica de
    └── desenvolvimento
      └── prod.exs          # Configuração específica de produção
    └── runtime.exs          # ← Arquivo de configuração principal
```

## Estrutura de Nível Superior

```
# config/runtime.exs
import Config

config :logger, level: :info

config :pgw_c,
  metrics: %{...},
  diameter: %{...},
  s5s8: %{...},
  sxb: %{...},
  ue: %{...},
  pco: %{...}
```

## Seções de Configuração

---

## Configuração de Métricas

### Propósito

Configurar o exportador de métricas Prometheus para monitorar o OmniPGW.

### Bloco de Configuração

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    # Habilitar/desabilitar exportador de métricas
    enabled: true,

    # Endereço IP para vincular o servidor HTTP
    ip_address: "0.0.0.0",
```

```

# Porta para o endpoint de métricas
port: 9090,

# Com que frequência verificar registros (milissegundos)
registry_poll_period_ms: 10_000
}

```

## Parâmetros

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
enabled	Booleano	true	Habilitar exportador de métricas
ip_address	String (IP)	"0.0.0.0"	Endereço de vinculação (0.0.0.0 = todas as interfaces)
port	Inteiro	9090	Porta HTTP para o endpoint /metrics
registry_poll_period_ms	Inteiro	10_000	Intervalo de polling para contagens de registro

## Exemplos

### Produção - Vincular a IP específico:

```

metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "10.0.0.20", # Rede de gerenciamento
  port: 9090,
  registry_poll_period_ms: 5_000 # Polling a cada 5 segundos
}

```

### Desenvolvimento - Apenas localhost:

```

metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "127.0.0.1",
  port: 42069, # Porta não padrão
  registry_poll_period_ms: 10_000
}

```

### Desabilitar métricas:

```

metrics: %{
  enabled: false
}

```

## Acessando Métricas

```

# Endpoint padrão
curl http://<ip_address>:<port>/metrics

```

```
# Exemplo
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

**Veja:** [Guia de Monitoramento & Métricas](#) para documentação detalhada sobre métricas.

---

## Configuração Diameter/Gx

### Propósito

Configurar o protocolo Diameter para a interface Gx (comunicação PCRF).

### Bloco de Configuração

```
config :pgw_c,
diameter: %{
    # Endereço IP para escutar conexões Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # Identidade Diameter do OmniPGW (Origin-Host)
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

    # Domínio Diameter do OmniPGW (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

    # Lista de pares PCRF
    peer_list: [
        %{
            # Identidade Diameter PCRF
            host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

            # Domínio PCRF
            realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

            # Endereço IP do PCRF
            ip: "10.0.0.30",

            # Iniciar conexão com o PCRF
            initiate_connection: true
        }
    ]
}
```

## Parâmetros

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descrição
listen_ip	String (IP)	Sim	Endereço de escuta Diameter
host	String (FQDN)	Sim	Origin-Host do OmniPGW (deve ser FQDN)
realm	String (Domínio)	Sim	Origin-Realm do OmniPGW
peer_list	Lista	Sim	Configurações de pares PCRF

## Configuração de Par:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descrição
host	String (FQDN)	Sim	Identidade Diameter do PCRF
realm	String (Domínio)	Sim	Domínio do PCRF
ip	String (IP)	Sim	Endereço IP do PCRF
initiate_connection	Booleano	Sim	Se o OmniPGW se conecta ao PCRF

## Formato FQDN

### Identidades Diameter DEVEM ser FQDNs:

```
# CORRETO
host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"

# INCORRETO
host: "omnipgw"                      # Não é um FQDN
host: "10.0.0.20"                     # IP não permitido
```

### Formato 3GPP:

```
<hostname>.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

#### Exemplos:

- omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org (MCC=001, MNC=001)
- pgw-c.epc.mnc260.mcc310.3gppnetwork.org (MCC=310, MNC=260 - T-Mobile dos EUA)

## Exemplos

### Um único PCRF:

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
```

```

realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
peer_list: [
  %{
    host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    ip: "10.0.0.30",
    initiate_connection: true
  }
]
}

```

## Múltiplos PCRFs (Redundância):

```

diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.1.30",
      initiate_connection: true
    },
    %{
      host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.2.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}

```

## Conexão Iniciada pelo PCRF:

```

diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: false # Aguardar o PCRF se conectar
    }
  ]
}

```

**Veja:** [Documentação da Interface Diameter Gx](#)

---

## Configuração S5/S8

### Propósito

Configurar a interface GTP-C para comunicação com SGW-C.

### Bloco de Configuração

```
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # Endereço IPv4 local para a interface S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Endereço IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir a porta GTP-C padrão (2123)
    local_port: 2123
  }
```

### Parâmetros

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
local_ipv4_address	String (IPv4)	Obrigatório	Endereço IPv4 da interface S5/S8
local_ipv6_address	String (IPv6)	nil	Endereço IPv6 da interface S5/S8 (opcional)
local_port	Inteiro	2123	Porta UDP para GTP-C (porta padrão 2123)

### Detalhes do Protocolo

- Protocolo:** GTP-C Versão 2
- Transporte:** UDP
- Porta Padrão:** 2123
- Direção:** Recebe do SGW-C

### Exemplos

#### Apenas IPv4 (Comum):

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20"
```

```
}
```

## IPv4 + IPv6 Dual-Stack:

```
s5s8: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",
    local_ipv6_address: "2001:db8::20"
}
```

## Porta Personalizada (Não Padrão):

```
s5s8: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",
    local_port: 2124 # Porta personalizada
}
```

## Planejamento de Rede

### Seleção de Endereço IP:

- Use rede dedicada de gerenciamento/sinalização
- Garantir acessibilidade de todos os nós SGW-C
- Considerar redundância (VRRP/HSRP) para HA

### Regras de Firewall:

```
# Permitir GTP-C do SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_c_network> -j ACCEPT
```

---

## Configuração Sxb/PFCP

### Propósito

Configurar a interface PFCP para comunicação com PGW-U (Plano do Usuário).

### Bloco de Configuração

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # Endereço IP local para comunicação PFCP
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Substituir a porta PFCP padrão (8805)
    local_port: 8805
  }
```

## Parâmetros

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
local_ip_address	String (IP)	Obrigatório	Endereço de escuta PFCP
local_port	Inteiro	8805	Porta UDP PFCP

### Importante:

- **Todos os pares UPF são registrados automaticamente** a partir da configuração upf\_selection (regras + pool de fallback) na inicialização
- UPFs registrados automaticamente usam defaults sensatos:
  - Nome gerado automaticamente: "UPF-<ip>:<port>"
  - Associação PFCP passiva (aguardar UPF iniciar)
  - Intervalo de heartbeat de 5 segundos
- Regras de seleção de UPF e pools são configurados na seção separada upf\_selection. Veja [Estratégias de Seleção de UPF](#) abaixo.
- Registro dinâmico de UPF é suportado para UPFs descobertos por DNS que não estão na configuração

## Exemplos

### Configuração Mínima:

```
sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
}

# Todos os UPFs em upf_selection serão registrados automaticamente com:
# - Nome gerado automaticamente: "UPF-10.0.0.21:8805"
# - Associação PFCP passiva (aguardar UPF se conectar)
# - Intervalo de heartbeat de 5 segundos
```

### Porta PFCP Personalizada:

```
sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20",
    local_port: 8806 # Porta PFCP não padrão
}
```

### Exemplo Completo com Seleção de UPF:

```
sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
```

```

rules: [
  %{
    name: "IMS Pool",
    priority: 10,
    match_field: :apn,
    match_regex: ~r/^ims$/,
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 100},
      %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 100}
    ]
  },
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
# Todos os 3 UPFs (10.0.1.21, 10.0.1.22, 10.0.2.21) são registrados automaticamente

```

### **Seleção Baseada em DNS (Registro Dinâmico):**

```

sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
# UPFs descobertos por DNS serão registrados dinamicamente na primeira utilização

```

---

## **Estratégias de Seleção de UPF**

**Importante:** A configuração de seleção de UPF foi simplificada. Todos os pares UPF são registrados automaticamente a partir da configuração `upf_selection`.

### **Estrutura de Configuração**

A seleção de UPF é configurada na seção `upf_selection` que define:

- 1. Regras Estáticas** - Roteamento baseado em padrões com pools de

- balanceamento de carga
- 2. **Configurações DNS** - Descoberta dinâmica de UPF baseada em localização
- 3. **Pool de Fallback** - Pool padrão quando nenhuma regra corresponde e DNS falha

## Ordem de Prioridade de Seleção

1. **Regras Estáticas** (Maior Prioridade) - Roteamento baseado em padrões com pools de balanceamento de carga
2. **Seleção Baseada em DNS** (Prioridade Inferior) - Descoberta dinâmica de UPF baseada em localização
3. **Pool de Fallback** (Menor Prioridade) - Pool padrão quando nenhuma regra corresponde e DNS falha

## Fluxo de Decisão de Seleção de UPF

### Campos de Correspondência Disponíveis

Regras estáticas podem corresponder a qualquer um destes atributos de sessão:

<b>Campo de Correspondência</b>	<b>Descrição</b>	<b>Padrão de Exemplo</b>
:imsi	Identidade Internacional do Assinante Móvel	^313380.* (operadora dos EUA)
:apn	Nome do Ponto de Acesso / DNN	^internet\.. ou ^ims\.
:serving_network_plmn_id	Identificador da rede servidora	^313380\$
:sgw_ip_address	Endereço IP do SGW	^10\.100\..*
:uli_tai_plmn_id	ID PLMN da Área de Rastreamento	^313.*
:uli_ecgi_plmn_id	ID PLMN da Célula E-UTRAN	^313.*

## Comparação de Métodos de Seleção

<b>Método</b>	<b>Quando Usar</b>	<b>Prós</b>	<b>Contras</b>
<b>Pools de UPF</b>	Implantações de Balanceamento de carga, produção	HA, pesos flexíveis	Requer múltiplos UPFs
<b>Baseado em APN</b>	Diferenciação de serviços	Roteia IMS/Internet separadamente	Configuração estática
<b>Baseado em IMSI</b>	Cenários de roaming	Roteamento geográfico	Complexidade do regex
<b>Baseado em DNS</b>	MEC/Edge computing	Dinâmico, ciente da localização	Requer infraestrutura DNS
<b>Pool de Fallback</b>	Rede de	Sempre ter um UPF	Pode não ser

Método	Quando Usar	Prós	Contras
Modo de Execução	segurança		ideal
Simulada	Testando configs	Teste seguro	Sem tráfego real

## Fluxo Completo de Estabelecimento de Sessão

Este diagrama mostra o fluxo completo de estabelecimento de sessão, incluindo seleção de UPF e população de PCO:

### Pontos de Decisão Chave:

#### 1. Prioridade de Seleção de UPF:

- Regras Estáticas (Correspondência de Padrão) → Descoberta DNS → Pool de Fallback
- Filtragem de saúde aplicada em todas as etapas
- Lógica Ativa/Standy para alta disponibilidade
- **Veja:** [Interface PFCP](#) para detalhes de comunicação UPF

#### 2. Prioridade de População de PCO:

- Sobrescrita de PCO da Regra → Descoberta DNS de P-CSCF → Configuração Global de PCO
- Mesclagem por campo (sobrescritas de regra para campos específicos, global fornece defaults)
- **Veja:** [Configuração de PCO](#) para parâmetros detalhados de PCO

#### 3. Prioridade de Descoberta de P-CSCF:

- FQDN por Regra → Descoberta DNS Global → PCO Estático por Regra → PCO Estático Global
- **Veja:** [Monitoramento de P-CSCF](#) para métricas de descoberta e rastreamento de saúde

#### 4. Integração de Cobrança:

- PCRF determina se a cobrança online é necessária (Grupo de Avaliação + Online=1)
- OCS concede quota antes do estabelecimento da sessão
- PGW-C rastreia quota e solicita mais via CCR-Update
- **Veja:** [Interface Diameter Gx](#) e [Interface Diameter Gy](#) para detalhes de cobrança

## Exemplo Completo de Configuração

Aqui está um exemplo completo mostrando seleção de UPF com múltiplos pools e

registro automático de pares:

```
config :pgw_c,
    # Interface PFCP - Todos os UPFs são registrados automaticamente a
    # partir de upf_selection
    sxb: %{
        local_ip_address: "127.0.0.20"
    },

    # Lógica de Seleção de UPF - Todos os UPFs definidos aqui são
    # registrados automaticamente
    upf_selection: %{
        # Configurações de seleção baseada em DNS
        dns_enabled: false,
        dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
        dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
        dns_timeout_ms: 5000,

        # Regras de seleção estáticas (avaliadas em ordem de prioridade)
        rules: [
            # Regra 1: Tráfego IMS - Maior Prioridade
            %{
                name: "Tráfego IMS",
                priority: 20,
                match_field: :apn,
                match_regex: "^ims",
                upf_pool: [
                    %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
                    %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
                ]
            },
            # Regra 2: APN Empresarial
            %{
                name: "Tráfego Empresarial",
                priority: 15,
                match_field: :apn,
                match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
                upf_pool: [
                    %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
                ]
            },
            # Regra 3: Tráfego da Internet - Balanceado
            %{
                name: "Tráfego da Internet",
```

```

        priority: 5,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^internet",
        upf_pool: [
            %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 33},
            %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
            %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
        ]
    },
],
# Pool de fallback - Usado quando nenhuma regra corresponde e DNS
falha
fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
]
}

```

## Recursos Chave

### Formato Atual:

- ◊ **Registro Automático:** Todos os UPFs do `upf_selection` são registrados automaticamente na inicialização
- ◊ **Configuração Centralizada:** Toda a seleção de UPF e configuração de pares em uma seção
- ◊ **Pools Necessários:** Todas as regras usam formato `upf_pool` (mesmo para um único UPF)
- ◊ **Fallback Estruturado:** Pool de `fallback_pool` dedicado com distribuição ponderada
- ◊ **Integração DNS:** Configurações DNS ao lado das regras de seleção
- ◊ **Registro Dinâmico:** UPFs descobertos por DNS são registrados automaticamente na primeira utilização
- ◊ **Monitoramento de Saúde:** Todos os UPFs configurados são monitorados com heartbeats de 5 segundos

### Migração do Formato Anterior:

- Removido: campo `sxb.peer_list` (não é mais necessário)
- Removido: `selection_list` embutido nas configurações de pares
- Todas as definições de UPF agora vão nas regras e no pool de fallback de `upf_selection`

### Como Funcionam os Pools de UPF:

1. **Seleção Ciente da Saúde:** Apenas UPFs saudáveis recebem tráfego
  - Saudável = associação PFCP ativa + menos de 3 heartbeats consecutivos perdidos
  - UPFs não saudáveis são automaticamente filtrados
  - Retorna a todos os UPFs se nenhum estiver saudável (falha rápida)
2. **Suporte Ativo/Standy:** Use weight: 0 para UPFs de standby quentes
  - **UPFs Ativos** (peso > 0): Recebem tráfego quando saudáveis
  - **UPFs Standby** (peso == 0): Apenas recebem tráfego quando todos os UPFs ativos estão inativos
  - UPFs de standby são tratados como weight: 1 quando ativados
3. **Seleção Aleatória Ponderada:** Cada sessão é aleatoriamente atribuída a um UPF saudável com base nos pesos
  - No exemplo acima: 70% vão para .21, 20% para .22, 10% para .23
  - Peso maior = mais sessões atribuídas a esse UPF
  - Pesos iguais = distribuição igual
4. **Registro Automático:** Todos os UPFs nos pools são registrados automaticamente na inicialização
  - Nomes gerados automaticamente: "UPF-<ip>:<port>"
  - Configurações padrão: associação PFCP passiva, heartbeats de 5 segundos
  - Monitoramento de saúde imediato para todos os UPFs configurados

## **Seleção Ciente da Saúde com Ativo/Standy**

### **Exemplo de Seleção Aleatória Ponderada:**

```
Pool: [
  UPF-A: peso 50, saudável ✓
  UPF-B: peso 30, saudável ✓
  UPF-C: peso 20, saudável ✓
]
```

Peso Total:  $50 + 30 + 20 = 100$

#### Faixas de Peso:

UPF-A: 0-49	(50%)
UPF-B: 50-79	(30%)
UPF-C: 80-99	(20%)

Número aleatório: 63 → Seleciona UPF-B

Número aleatório: 15 → Seleciona UPF-A

Número aleatório: 91 → Seleciona UPF-C

## **Exemplo de Failover Ativo/Standy:**

```
Pool Inicial: [
    UPF-A: peso 100, saudável ✓ (Ativo)
    UPF-B: peso 0, saudável ✓ (Standby)
]

Cenário 1: UPF-A Saudável
→ Usar Pool Ativo: [UPF-A: 100]
→ Todo tráfego para UPF-A

Cenário 2: UPF-A Falha
→ Nenhum UPF ativo saudável
→ Ativar Standby: [UPF-B: 1]
→ Todo tráfego falha para UPF-B
→ Registrar: "Todos os UPFs ativos inativos, ativando UPFs standby"

Cenário 3: Ambos Não Saudáveis
→ Nenhum UPF saudável
→ Usar pool completo: [UPF-A: 100, UPF-B: 0]
→ Selecionar com pesos (tentar conexão, pode falhar)
→ Registrar: "Nenhum UPF saudável no pool, usando pool completo como fallback"
```

## **Padrões de Peso Comuns:**

```
# Distribuição igual (25% cada)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 1},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 1},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 1},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.4", remote_port: 8805, weight: 1}
]

# Primário/backup balanceado (90% / 10%)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 90},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 10}
]

# Ativo/Standy (100% primário, 0% standby até primário falhar)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 100},
    # Ativo
    %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 0}
    # Standby (apenas quando ativo inativo)
]

# Resultado: Ativo recebe 100%. Se ativo falhar, standbys recebem 50%
```

50%.

```
# Testes A/B (50% / 50%)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.100", remote_port: 8805, weight: 50},
# Versão antiga
    %{remote_ip_address: "10.0.1.200", remote_port: 8805, weight: 50}
# Nova versão
]
```

## Casos de Uso:

- **Failover Ativo/Standy:** Use `weight: 0` para UPFs de standby quentes que apenas ativam quando primários falham
- **HA Ciente da Saúde:** Falha automática quando UPFs perdem associação PFCP ou perdem heartbeats
- **Escalonamento Horizontal:** Distribuir carga entre múltiplos UPFs para aumentar capacidade
- **Alta Disponibilidade:** Distribuição automática evita sobrecarga de um único UPF
- **Implantações Gradativas:** Use pesos para implantações canário (por exemplo, 95% antigo, 5% novo)
- **Otimização de Custos:** Roteie mais tráfego para UPFs de maior capacidade
- **Distribuição Geográfica:** Balancear sessões entre UPFs de borda

## Sobrescritas de PCO (Opções de Configuração de Protocolo):

Cada regra de seleção de UPF pode opcionalmente especificar valores de PCO personalizados que sobrescrevem a configuração padrão de PCO para sessões correspondentes. Isso permite que diferentes APNs ou tipos de tráfego recebam diferentes parâmetros de rede.

## Como Funcionam as Sobrescritas de PCO:

1. **Sobrescritas Parciais:** Especifique apenas os campos de PCO que deseja sobrescrever
2. **Fallback Padrão:** Campos não especificados usam valores da configuração principal de pco
3. **Específico da Regra:** Cada regra pode ter diferentes sobrescritas de PCO
4. **Mesclagem de Prioridade:** PCO da regra tem prioridade sobre o PCO padrão

## Hierarquia de População de PCO

### Ordem de Prioridade para Cada Campo de PCO:

1. **Sobrescrita de PCO da Regra** (Maior Prioridade)
2. **Descoberta DNS de P-CSCF** (apenas para endereços de P-CSCF)

### 3. Configuração Global de PCO (Menor Prioridade / Fallback)

#### Exemplo: Sessão IMS Sobrescreve DNS, Regra Empresarial Sobrescreve Tudo

Sessão IMS (correspondida pela regra "Tráfego IMS"):

- └ Servidores DNS: DA GLOBAL (não sobrescrita na regra)
- └ P-CSCF: DA DESCOBERTA DNS (p\_cscf\_discovery\_fqdn definido na regra)
  - └ Fallback: DA REGRA se DNS falhar
- └ MTU: DA GLOBAL (não sobrescrita na regra)

Sessão Empresarial (correspondida pela regra "Tráfego Empresarial"):

- └ Servidores DNS: DA REGRA (192.168.1.10, 192.168.1.11)
- └ P-CSCF: DA GLOBAL (não sobrescrita na regra)
- └ MTU: DA REGRA (1500)

Sessão Padrão (nenhuma regra correspondente):

- └ Servidores DNS: DA GLOBAL
- └ P-CSCF: DA GLOBAL ou DNS se descoberta global habilitada
- └ MTU: DA GLOBAL

#### Campos de Sobrescrita de PCO Disponíveis:

- primary\_dns\_server\_address - Endereço IP do servidor DNS primário
- secondary\_dns\_server\_address - Endereço IP do servidor DNS secundário
- primary\_nbns\_server\_address - Endereço IP do servidor WINS primário
- secondary\_nbns\_server\_address - Endereço IP do servidor WINS secundário
- p\_cscf\_ipv4\_address\_list - Lista de IPs de servidores P-CSCF (para IMS)
  - Veja [Configuração de PCO](#) e [Monitoramento de P-CSCE](#) para descoberta dinâmica de P-CSCF
- ipv4\_link\_mtu\_size - Tamanho MTU em bytes

#### Descoberta de P-CSCF por Regra:

Além das sobrescritas de PCO, regras de seleção de UPF podem especificar descoberta dinâmica de P-CSCF:

- p\_cscf\_discovery\_fqdn - (String) FQDN para descoberta de P-CSCF baseada em DNS (por exemplo, "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org")

Quando este parâmetro é definido:

1. PGW-C realiza consulta DNS para o FQDN especificado durante o estabelecimento da sessão
2. O servidor DNS retorna lista de endereços IP de P-CSCF
3. Endereços P-CSCF descobertos são enviados para UE via PCO
4. Se a consulta DNS falhar, retorna para p\_cscf\_ipv4\_address\_list da

- sobrescrita de PCO (se especificado) ou configuração global de PCO
- 5. Veja [Monitoramento de P-CSCF](#) para taxas de sucesso/falha de descoberta

Isso é particularmente útil para:

- **APNs IMS** - Diferentes redes IMS com diferentes servidores P-CSCF
- **Implantações multi-inquilino** - Diferentes empresas com infraestrutura dedicada de P-CSCF
- **Roteamento geográfico** - DNS retorna P-CSCF mais próximo com base na localização do UE
- **Alta disponibilidade** - DNS retorna automaticamente apenas servidores P-CSCF saudáveis

### **Exemplo: Tráfego IMS com P-CSCF Personalizado:**

```
rules: [
  %{
    name: "Tráfego IMS",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805, weight: 80},
      %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805, weight: 20}
    ],
    # Descoberta de P-CSCF: Consultar dinamicamente DNS para endereços de P-CSCF
    # A consulta DNS retorna os IPs de P-CSCF atuais com base neste FQDN
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
    # Sessões IMS obtêm servidores P-CSCF personalizados (usados como fallback se DNS falhar)
    pco: %{
      p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      # DNS, NBNS, MTU usarão defaults da configuração principal de pco
    }
  }
]
```

### **Exemplo: Tráfego Empresarial com DNS Personalizado:**

```
rules: [
  %{
    name: "Tráfego Empresarial",
    priority: 15,
    match_field: :apn,
```

```

    match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
    upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805, weight: 100}
    ],
    # Sessões empresariais obtêm DNS corporativo e MTU personalizado
    pco: %{
        primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
        secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
        ipv4_link_mtu_size: 1500
        # P-CSCF, NBNS usarão defaults da configuração principal de pco
    }
}
]

```

### **Exemplo: Sobrescrita Completa (Todos os Campos de PCO):**

```

rules: [
    %{
        name: "APN IoT - Totalmente Personalizado",
        priority: 10,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^iot\.m2m",
        upf_pool: [
            %{remote_ip_address: "10.100.5.21", remote_port: 8805, weight: 100}
        ],
        # Sessões IoT obtêm PCO totalmente personalizado
        pco: %{
            primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
            secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
            primary_nbns_server_address: "10.0.0.100",
            secondary_nbns_server_address: "10.0.0.101",
            p_cscf_ipv4_address_list: [], # Sem P-CSCF para IoT
            ipv4_link_mtu_size: 1280      # MTU menor para dispositivos restritos
        }
    }
]

```

### **Casos de Uso:**

- **IMS/VoLTE:** Fornecer servidores P-CSCF específicos para operadoras para serviços de voz
- **APNs Empresariais:** Roteie tráfego corporativo através de servidores DNS da empresa
- **IoT/M2M:** Use DNS público e MTU otimizado para dispositivos de baixa largura de banda
- **Roaming:** Fornecer servidores DNS locais para assinantes visitantes

- **Diferenciação de Serviço:** Diferentes parâmetros de rede por tipo de serviço

## Seleção de UPF Baseada em DNS:

Habilitar seleção dinâmica de UPF com base em Informações de Localização do Usuário (ULI) usando consultas NAPTR DNS. As configurações DNS agora são configuradas dentro da seção `upf_selection`.

**Nota:** Isso fornece seleção de UPF baseada em geografia ou topologia. Veja [Interface PFCP](#) para configuração de associação PFCP com UPFs descobertos dinamicamente e [Gerenciamento de Sessão](#) para fluxos de estabelecimento de sessão.

```
upf_selection: %{
    # Habilitar seleção baseada em DNS
    dns_enabled: true,

    # Tipos de localização para consultar em ordem de prioridade
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

    # Sufixo DNS para consultas NAPTR 3GPP
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

    # Tempo limite de consulta DNS em milissegundos
    dns_timeout_ms: 5000,

    # ... regras e fallback_pool ...
}
```

A seleção baseada em DNS funciona da seguinte forma:

1. **Prioridade:** A seleção DNS é usada apenas quando **NENHUMA regra estática corresponde** (prioridade inferior)
2. **Geração de Consulta:** Constrói consultas NAPTR DNS com base na localização do UE:
  - Consulta ECGI: `eci-<hex>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
  - Consulta TAI: `tac-lb<hex>.tac-hb<hex>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
  - Consultas RAI, SAI, CGI seguem formato semelhante ao da 3GPP TS 23.003
3. **Hierarquia de Fallback:** Tenta cada tipo de localização em ordem de prioridade até que uma correspondência seja encontrada
4. **Correspondência de Par:** Resultados DNS são filtrados contra a lista de pares configurados
5. **Seleção:** Escolhe o par correspondente (atualmente a primeira correspondência, seleção baseada em carga virá em breve)

## **Exemplo de Registros DNS** (configure em seu servidor DNS):

```
; Registro NAPTR para TAC 100 no PLMN 313-380  
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc380.mcc313.epc.3gppnetwork.org IN NAPTR  
10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-sxb" "" upf-edge-1.example.com.  
  
; Registro A para o UPF  
upf-edge-1.example.com IN A 10.100.1.21
```

## **Casos de Uso:**

- **Computação de Borda Multi-Acesso (MEC):** Roteie sessões para UPFs de borda geograficamente mais próximos
- **Descoberta Dinâmica de UPF:** Adicione/remova UPFs da sua rede sem reconfigurar o PGW-C
- **Balanceamento de Carga:** Distribua carga entre UPFs com base na localização
- **Fatiamento de Rede:** Roteie diferentes fatias para diferentes UPFs por localização

## **Monitoramento de Saúde de UPF**

**Seleção Ciente da Saúde Automática:** O PGW-C monitora continuamente a saúde de todos os UPFs e exclui automaticamente UPFs não saudáveis da seleção.

### **Critérios de Verificação de Saúde**

Um UPF é considerado **saudável** quando TODAS as seguintes condições são atendidas:

1. **Associação PFCP Ativa:** O UPF tem uma associação PFCP estabelecida
2. **Responsividade do Heartbeat:** Menos de 3 heartbeats consecutivos perdidos
3. **Processo Vivo:** O processo GenServer do par UPF está em execução

Um UPF é considerado **não saudável** se QUALQUER um dos seguintes for verdadeiro:

- Associação PFCP não está estabelecida (`associated: false`)
- 3 ou mais timeouts consecutivos de heartbeat
- O processo do par UPF falhou ou está não responsivo

### **Mecanismo de Monitoramento**

#### **Para UPFs Configurados** (em `upf_selection`):

- O rastreamento de saúde começa imediatamente na inicialização
- A associação PFCP é monitorada continuamente

- Heartbeats são enviados a cada 5 segundos
- O contador `missed_heartbeats_consecutive` rastreia falhas consecutivas
- Todos os UPFs dos pools de regras e fallback são registrados automaticamente

### **Para UPFs Descobertos por DNS** (registro dinâmico):

- Presumidos saudáveis até a primeira tentativa de sessão
- Registrados automaticamente na primeira utilização
- O rastreamento de saúde começa após o registro

### **Comportamento de Seleção**

#### **Modo Ativo/Standby** (ao usar weight: 0):

1. Filtrar apenas UPFs saudáveis
2. Separar em **ativos** (peso > 0) e **standby** (peso == 0)
3. Usar UPFs ativos se algum estiver saudável
4. Ativar UPFs standby (tratar como peso 1) se todos os ativos estiverem não saudáveis
5. Retornar ao pool completo se nenhum UPF saudável existir

#### **Modo Balanceado por Carga** (todos peso > 0):

1. Filtrar apenas UPFs saudáveis
2. Realizar seleção aleatória ponderada entre UPFs saudáveis
3. Retornar ao pool completo se nenhum UPF saudável existir

### **Registro:**

```
[debug] Usando pool de UPF ativo (2/3 UPFs saudáveis, 1 standby)
[info] Todos os UPFs ativos inativos, ativando UPFs standby (1 UPFs
standby, tratando peso 0 como 1)
[warning] Nenhum UPF saudável no pool (3 totais), usando pool completo
como fallback
```

### **Verificando a Saúde do UPF**

#### **Programaticamente:**

```
# Verificar se um UPF específico está saudável
!> PGW_C.PFCP_Node.is_peer_healthy?({10, 100, 1, 21})
true

# Obter informações detalhadas de saúde
!> PGW_C.PFCP_Node.get_peer_health({10, 100, 1, 21})
%{
    associated: true,
```

```

missed_heartbeats: 0,
healthy: true,
registered: true
}

```

### Via Interface Web:

- Navegue até /upf\_selection no painel de controle
- Veja o status de saúde em tempo real para todos os UPFs em cada pool
- Insígnias de status: ♦ Ativo-UP, ♦ Standby-Pronto, ♦ Ativo-DOWN, ♦ Não Associado
- Insígnias de função: ATIVO (peso > 0), STANDBY (peso == 0), DINÂMICO (descoberto por DNS, não na configuração)
- Contador de misses de heartbeat exibido para UPFs associados

### Melhores Práticas de Monitoramento de Saúde

1. **Configurar UPFs em upf\_selection:** Todos os UPFs nos pools de regras e fallback são monitorados automaticamente

```

upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "Tráfego da Internet",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
      ]
    }
  ],
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
  ]
}
# Todos os UPFs automaticamente recebem:
# - heartbeats de 5 segundos
# - Monitoramento de saúde desde a inicialização
# - Nomes gerados automaticamente

```

2. **Usar UPFs standby:** Configure standby quentes com weight: 0 para failover automático

```

upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.1.1.1", remote_port: 8805, weight:
100}, # Ativo

```

```

%{remote_ip_address: "10.1.1.2", remote_port: 8805, weight: 0}
# Standby
]

```

3. **Monitorar via Interface Web:** Verifique regularmente o status de saúde do UPF no painel de controle
4. **Ajustar o limite de heartbeat:** Ajuste o limite de < 3 heartbeats perdidos no código, se necessário
  - Localizado em: lib/core/pfcp\_node/impl/peer.ex função `is_peer_healthy?/1`
  - Limite mais baixo = falha mais rápida, mas mais sensível a flutuações de rede
  - Limite mais alto = mais tolerante, mas falha mais lenta

## Registro Dinâmico de UPF

**Recurso:** O PGW-C registra e monitora automaticamente UPFs descobertos por DNS, mesmo que não estejam na configuração `upf_selection`.

### Como Funciona

Quando qualquer método de seleção (regras estáticas, pools ou DNS) retorna um UPF que não está registrado, o sistema automaticamente:

1. **Cria um Par PFCP:** Gera uma configuração de par padrão para o UPF desconhecido
2. **Inicia Associação PFCP:** Tenta estabelecer uma associação PFCP com o UPF
3. **Registra no Registro de Pares:** Adiciona o UPF ao sistema interno de rastreamento de pares
4. **Inicia Monitoramento de Heartbeat:** Começa trocas periódicas de heartbeat (intervalos de 10 segundos)
5. **Rastreia Vida:** Monitora o UPF para falhas e recuperação

### Configuração Padrão para UPFs Dinâmicos

Quando um UPF é registrado dinamicamente, ele recebe a seguinte configuração padrão:

```

%{
  name: "Dinâmico-UPF-<IP>",           # e.g., "Dinâmico-
  UPF-10-100-1-21"
  remote_ip_address: <discovered_ip>,    # IP do DNS ou seleção
  remote_port: 8805,                      # Porta PFCP padrão
  (substituível)
  initiate_pfcp_association_setup: true,   # PGW-C inicia associação

```

```
    heartbeat_period_ms: 10_000          # Intervalo de heartbeat de
10 segundos
}
```

**Nota:** UPFs dinâmicos são registrados apenas para gerenciamento de associação. Eles são usados como alvos nas regras de `upf_selection`, não como fontes de lógica de seleção.

## Exemplo: DNS Retorna UPF Desconhecido

```
# A consulta DNS retorna: upf-edge-2.example.com -> 10.200.5.99
# Este UPF NÃO está na sua configuração upf_selection

# Fluxo de registro dinâmico:
# 1. O sistema detecta UPF desconhecido 10.200.5.99
# 2. Registra: "UPF {10, 200, 5, 99} não pré-configurado, tentando
registro dinâmico..."
# 3. Envia Solicitação de Estabelecimento de Associação PFCP para
10.200.5.99:8805
# 4. Se UPF responder: Associação estabelecida, sessão continua
normalmente
# 5. Se UPF não responder: Criação de sessão falha graciosamente com
mensagem de erro clara
```

## Benefícios

- ◊ **Descoberta Dinâmica Verdadeira:** A seleção baseada em DNS de UPF agora funciona sem pré-configuração
- ◊ **Escalonamento Automático:** Adicione UPFs à sua rede sem reiniciar o PGW-C
- ◊ **Degradação Graciosa:** Se a associação falhar, as sessões falham de forma limpa (sem falhas)
- ◊ **Compatibilidade Retroativa:** UPFs pré-configurados continuam funcionando exatamente como antes
- ◊ **Monitoramento Completo:** UPFs dinâmicos recebem o mesmo monitoramento de heartbeat que pares estáticos

## Tratamento de Falhas

Se um UPF descoberto dinamicamente não responder ao Estabelecimento de Associação PFCP:

```
[erro] Falha no Estabelecimento de Associação PFCP para UPF dinâmico
{10, 200, 5, 99}: :timeout
[erro] Falha ao registrar dinamicamente UPF {10, 200, 5, 99}:
:timeout.
```

A criação da sessão falhará. Considere adicionar este UPF à configuração `upf_selection`.

A criação da sessão falhará, mas o PGW-C permanece estável e continua processando outras sessões.

## Quando Pré-Configurar vs. Registro Dinâmico

Cenário	Recomendação
<b>UPFs Centrais de Produção</b>	Pré-configurar em <code>upf_selection</code> (configuração explícita, monitorada desde a inicialização)
<b>UPFs de Borda Descobertos por DNS</b>	Usar registro dinâmico (escalona automaticamente com infraestrutura)
<b>UPFs de Teste/Desenvolvimento</b>	Qualquer abordagem funciona (dinâmica é mais conveniente)
<b>UPFs Críticos para Missão</b>	Pré-configurar em <code>upf_selection</code> (garante monitoramento desde a inicialização)
<b>UPFs Efêmeros/Auto-escala</b>	Usar registro dinâmico (UPFs vêm e vão dinamicamente)

## Monitorando UPFs Dinâmicos

UPFs dinâmicos aparecem nos logs com seus nomes gerados automaticamente:

```
[info] Criando configuração de par PFCP dinâmica para Dinâmico-UPF-10-200-5-99 ({10, 200, 5, 99}:8805)
[info] Par UPF dinâmico Dinâmico-UPF-10-200-5-99 registrado com sucesso com PID #PID<0.1234.0>
```

Você pode consultar o registro de pares para ver todos os pares registrados (tanto estáticos quanto dinâmicos):

```
# Obter todos os pares registrados
PGW_C.PFCP_Node.registered_peer_count()

# Verificar se um UPF específico está registrado
PGW_C.PFCP_Node.get_peer({10, 200, 5, 99})
# Retorna: {:ok, #PID<0.1234.0>} se registrado, :error caso contrário
```

## Porta Personalizada para UPFs Dinâmicos

Se seus UPFs usam uma porta PFCP não padrão, você pode acionar o registro manualmente:

```
# Registrar UPF na porta personalizada
PGW_C.PFCP_Node.register_dynamic_peer({10, 200, 5, 99}, 9999)
```

No entanto, a seleção baseada em DNS e o registro automático sempre usam a

# Formato do Registro de Dados de Cobrança (CDR)

Cobrança Offline para PGW-C e SGW-C

## Índice

1. [Visão Geral](#)
2. [Formato do Arquivo CDR](#)
3. [Campos do CDR](#)
4. [Eventos do CDR](#)
5. [Estrutura do Arquivo](#)
6. [Configuração](#)
7. [Fluxo de Geração do CDR](#)
8. [Detalhes dos Campos](#)
9. [Exemplos](#)
10. [Integração](#)

## Visão Geral

O formato **Data CDR (Registro de Dados de Cobrança)** fornece capacidades de cobrança offline tanto para o Plano de Controle do Gateway de Pacotes (PGW-C) quanto para o Plano de Controle do Gateway de Serviço (SGW-C). Os CDRs são gerados para registrar eventos de sessão de portadora, uso de dados e informações do assinante para fins de faturamento e análise.

Este formato comum é utilizado por ambos os elementos da rede para garantir consistência nos registros de cobrança em toda a infraestrutura EPC.

## Principais Recursos

- **Formato baseado em CSV** - Valores separados por vírgula simples e legíveis por humanos
- **Registro baseado em eventos** - Captura eventos de inicio, atualização e término de portadora
- **Medição de volume** - Registra o uso de dados de uplink e downlink
- **Rotação automática** - Rotação de arquivos configurável com base em intervalos de tempo
- **Conformidade com 3GPP** - Segue 3GPP TS 32.251 (cobrança de domínio PS) e TS 32.298 (codificação de CDR)

## Casos de Uso

Caso de Uso	Descrição
<b>Cobrança Offline</b>	Gerar CDRs para faturamento pós-pago
<b>Análise</b>	Analisa padrões de uso dos assinantes
<b>Rastro de Auditoria</b>	Rastrear todos os eventos de sessão de portadora
<b>Planejamento de Capacidade</b>	Monitorar a utilização de recursos da rede
<b>Solução de Problemas</b>	Depurar problemas de sessão e portadora

## Formato do Arquivo CDR

### Convenção de Nomenclatura de Arquivos

<epoch\_timestamp>

#### Exemplo:

1726598022

O nome do arquivo é o timestamp da época Unix (em segundos) de quando o arquivo foi criado.

### Localização do Arquivo

#### Diretórios padrão:

- PGW-C: /var/log/pgw\_c/cdrs/
- SGW-C: /var/log/sgw\_c/cdrs/

Configurável via parâmetro directory na configuração do reporter de CDR.

### Cabeçalho do Arquivo

Cada arquivo CDR começa com um cabeçalho de várias linhas contendo metadados:

```
# Arquivo CDR de Dados:  
# Hora de Início do Arquivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)  
# Hora de Fim do Arquivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)  
# Nome do Gateway: <gateway_name>  
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out
```

#### Campos do Cabeçalho:

- **Hora de Início do Arquivo** - Quando o arquivo CDR foi criado (legível por humanos e timestamp Unix)
- **Hora de Fim do Arquivo** - Quando a rotação do arquivo ocorrerá (legível por humanos e timestamp Unix)
- **Nome do Gateway** - Identificador para a instância do gateway (PGW-C ou SGW-C)
- **Cabeçalhos das Colunas** - Nomes dos campos CSV para os registros de dados

## Campos do CDR

### Resumo dos Campos

Posição	Nome do Campo	Tipo	Descrição
0	epoch	int64	Timestamp do evento (segundos da época Unix)
1	imsi	string	Identidade Internacional do Assinante Móvel
2	event	string	Tipo de evento CDR (por exemplo, "default_bearer_start")
3	charging_id	int64	Identificador único de cobrança para a portadora
4	msisdn	string	Número ISDN da Estação Móvel (número de telefone)
5	ue_imei	string	Identidade Internacional de Equipamento Móvel
6	timezone_raw	string	Fuso horário do UE (reservado, atualmente vazio)
7	plmn	int64	Identificador da Rede Móvel Pública
8	tac	int64	Código da Área de Rastreamento
9	eci	int64	Identificador da Célula E-UTRAN
10	sgw_ip	string	Endereço IP do plano de controle S5/S8 do SGW-C (ou IP S5/S8 do PGW-C para CDRs do PGW)
11	ue_ip	string	Endereço IP do UE (formato IPv4 IPv6)
12	pgw_ip	string	Endereço IP do plano de controle S5/S8 do PGW-C
13	apn	string	Nome do Ponto de Acesso
14	qci	int64	Identificador da Classe de QoS
15	octets_in	int64	Volume de dados de downlink (bytes)
16	octets_out	int64	Volume de dados de uplink (bytes)

## Eventos do CDR

### Tipos de Eventos

Os CDRs são gerados para três tipos de eventos:

Tipo de Evento	Formato	Descrição	Quando Gerado
Início da Portadora	<type>_bearer_start	Estabelecimento da portadora	Resposta de Criação de Sessão enviada
Atualização da Portadora	<type>_bearer_update	Relatório de uso durante a sessão	Relatórios de uso periódicos do plano de usuário
Término da Portadora	<type>_bearer_end	Término da portadora	Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão

### Tipos de Portadora:

- default - Portadora padrão (uma por conexão PDN)
- dedicated - Portadora dedicada (zero ou mais por conexão PDN)

### Exemplos de Eventos

default_bearer_start	- Portadora padrão estabelecida
default_bearer_update	- Atualização de uso da portadora padrão
default_bearer_end	- Portadora padrão terminada
dedicated_bearer_start	- Portadora dedicada estabelecida
dedicated_bearer_update	- Atualização de uso da portadora dedicada
dedicated_bearer_end	- Portadora dedicada terminada

## Estrutura do Arquivo

### Exemplo de Arquivo CDR

```
# Arquivo CDR de Dados:  
# Hora de Início do Arquivo: 18:53:42 (1726598022)  
# Hora de Fim do Arquivo: 19:53:42 (1726601622)  
# Nome do Gateway: pgw-c-prod-01  
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out  
1726598022,3102601234567899,default_bearer_start,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,0,0  
1726598322,3102601234567899,default_bearer_update,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,1048576,524288  
1726598622,3102601234567899,default_bearer_update,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,5242880,2097152  
1726598922,3102601234567899,default_bearer_end,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,10485766,5242880
```

### Rotação de Arquivo

Os arquivos CDR são automaticamente rotacionados com base na duração configurada:

#### Processo de Rotação:

1. Fechar o arquivo CDR atual
2. Criar um novo arquivo com o timestamp atual
3. Escrever o cabeçalho no novo arquivo
4. Continuar gravando CDRs no novo arquivo

## Configuração

### Parâmetros de Configuração

Parâmetro	Tipo	Descrição	Padrão	Recomendado
gateway_name	string	Identificador da instância do gateway	-	Usar nome do host ou ID da instância
duration	inteiro	Intervalo de rotação do arquivo (ms)	-	3600000 (1 hora)
directory	string	Caminho do diretório de saída do CDR	-	/var/log/{pgw,sgw}_c/cdrs

### Exemplos de Configuração

#### Produção:

- **gateway\_name:** "pgw-c-prod-01" ou "sgw-c-prod-01"
- **duration:** 3.600.000 ms (rotação de 1 hora)
- **directory:** "/var/log/pgw\_c/cdrs" ou "/var/log/sgw\_c/cdrs"

#### Desenvolvimento:

- **gateway\_name:** "pgw-c-dev" ou "sgw-c-dev"
- **duration:** 300.000 ms (rotação de 5 minutos para testes)
- **directory:** "/tmp/pgw\_c\_cdrs" ou "/tmp/sgw\_c\_cdrs"

#### Alto Volume:

- **gateway\_name:** "pgw-c-prod-heavy" ou "sgw-c-prod-heavy"
- **duration:** 1.800.000 ms (rotação de 30 minutos)
- **directory:** "/mnt/fast-storage/cdrs"

## Fluxo de Geração do CDR

### Eventos do Ciclo de Vida da Portadora CDR

#### Geração de CDR do SGW-C:

#### Geração de CDR do PGW-C:

### Eventos de Geração do CDR

#### 1. Início da Portadora:

- **Quando:** Resposta de Criação de Sessão é enviada
- **Propósito:** Registra o estabelecimento da portadora com uso zero
- **octets\_in:** 0
- **octets\_out:** 0

#### 2. Atualização da Portadora:

- **Quando:** Solicitação de Relatório de Sessão PFCP recebida do plano de usuário
- **Propósito:** Registra o uso de dados incremental
- **octets\_in:** Bytes de downlink cumulativos desde o início da portadora
- **octets\_out:** Bytes de uplink cumulativos desde o início da portadora

#### 3. Término da Portadora:

- **Quando:** Resposta de Exclusão de Sessão PFCP recebida (com uso final)
- **Propósito:** Registra o uso final de dados antes do término da sessão
- **octets\_in:** Total final de bytes de downlink
- **octets\_out:** Total final de bytes de uplink

## Detalhes dos Campos

### 1. epoch (Timestamp)

**Tipo:** Timestamp da época Unix (segundos)

**Descrição:** O momento em que o evento CDR ocorreu

**Exemplo:**

```
1726598022 → 2025-09-17 18:53:42 UTC
```

**Fonte:** DateTime.utc\_now() |> DateTime.to\_unix()

### 2. imsi (Identidade do Assinante)

**Tipo:** String (até 15 dígitos)

**Formato:** MCCMNC + MSIN

**Descrição:** Identidade Internacional do Assinante Móvel que identifica exclusivamente o assinante

**Exemplo:**

```
310260123456789  
└─┘ └─┘ └─┘  
MCC MNC MSIN  
(310) (260) (123456789)
```

**Fonte:** Contexto do UE, recebido na Solicitação de Criação de Sessão

### 3. event (Tipo de Evento CDR)

**Tipo:** String

**Formato:** <bearer\_type>\_bearer\_<event>

**Valores:**

- default\_bearer\_start
- default\_bearer\_update
- default\_bearer\_end
- dedicated\_bearer\_start
- dedicated\_bearer\_update
- dedicated\_bearer\_end

**Determinação:**

- Se EBI (ID da Portadora EPS) é igual a LBI (ID da Portadora Vinculada): default
- Se EBI não é igual a LBI: dedicated

**Fonte:** Contexto da portadora (comparação EBI vs LBI)

### 4. charging\_id (Identificador de Cobrança)

**Tipo:** Inteiro não assinado de 32 bits

**Descrição:** Identificador único para correlação de cobrança entre elementos da rede

**Exemplo:**

```
12345
```

**Fonte:** Atribuído pelo PGW-C, recebido na Resposta de Criação de Sessão

**Uso:**

- Correlaciona eventos de cobrança entre SGW e PGW
- Usado nas interfaces de cobrança Diameter Gy/Gz
- Único por portadora

### 5. msisdn (Número de Telefone)

**Tipo:** String (formato E.164)

**Descrição:** Número ISDN da Estação Móvel (número de telefone do assinante)

**Formato:** Código do país + número nacional

**Exemplo:**

```
15551234567  
└─┘ └─┘  
CC Nacional  
(1) (5551234567)
```

**Fonte:** Contexto do UE, tipicamente do HSS via MME

### 6. ue\_imei (Identidade do Equipamento)

**Tipo:** String (15 dígitos)

**Formato:** TAC (8) + SNR (6) + Spare (1)

**Descrição:** Identidade Internacional de Equipamento Móvel (identificador do dispositivo)

**Exemplo:**

```
123456789012345  
└─┘ └─┘ └─┘  
TAC SNR S
```

**Fonte:** Contexto do UE, recebido do MME

### 7. timezone\_raw (Fuso Horário do UE)

**Tipo:** String (atualmente reservado/vazio)

**Descrição:** Campo reservado para informações de fuso horário do UE

**Status Atual:** Não populado (campo vazio no CSV)

**Uso Futuro:** Pode incluir deslocamento de fuso horário e sinalizador de horário de verão

**Exemplo:**

```
, (campo vazio)
```

**8. plmn (Identificador da Rede)****Tipo:** Inteiro (formato legado)**Descrição:** Identificador da Rede Móvel Pública codificado como hex little-endian**Processo de Codificação:**

```
MCC: 505, MNC: 57
      ^
      "50557"
      ^
Trocar pares: "055570"
      ^
Hex para decimal: 0x055570 = 349552
```

**Exemplo:**

```
349552 → MCC: 505, MNC: 57
```

**Fonte:** Informações de localização do UE do MME**Nota:** Este é um formato de codificação legado para compatibilidade retroativa**9. tac (Código da Área de Rastreamento)****Tipo:** Inteiro não assinado de 16 bits**Descrição:** O Código da Área de Rastreamento identifica a área de rastreamento onde o UE está localizado**Intervalo:** 0 - 65535**Exemplo:**

```
1234
```

**Fonte:** Informações de localização do UE, recebidas do MME na Solicitação de Criação de Sessão**Uso:**

- Identifica a área de gerenciamento de mobilidade
- Usado para paginação e atualizações de localização
- Parte do TAI (Identidade da Área de Rastreamento)

**10. eci (Identificador da Célula E-UTRAN)****Tipo:** Inteiro não assinado de 28 bits**Descrição:** O Identificador da Célula E-UTRAN identifica exclusivamente a célula que atende o UE**Formato:** ID do eNodeB (20 bits) + ID da Célula (8 bits)**Intervalo:** 0 - 268.435.455**Exemplo:**

```
5678
```

**Fonte:** Informações de localização do UE do MME**Uso:**

- Identifica a torre de celular e setor específicos
- Usado para transferência e gerenciamento de mobilidade
- Informações de localização granulares

**11. sgw\_ip (Endereço IP do Plano de Controle do Gateway)****Tipo:** String (endereço IPv4 ou IPv6)**Descrição:** Endereço IP do plano de controle S5/S8 do Gateway (F-TEID)

- Para CDRs do SGW-C: IP do plano de controle S5/S8 do SGW-C
- Para CDRs do PGW-C: IP do plano de controle S5/S8 do PGW-C (F-TEID local)

**Formato:** Decimal pontuado (IPv4) ou hex-colon (IPv6)**Exemplo:**

```
10.0.1.10          (IPv4)
2001:db8::10        (IPv6)
```

**Fonte:**

- SGW-C: Configuração local, atribuída à interface S5/S8
- PGW-C: Configuração local, atribuída à interface S5/S8

**Nota:** Apesar do nome do campo "sgw\_ip", isso contém o endereço IP do gateway local para ambos os CDRs do PGW e SGW**12. ue\_ip (Endereço IP do UE)****Tipo:** String (formato IPv4|IPv6)**Descrição:** Endereço IP atribuído ao UE para a conexão PDN**Formato:** <ipv4>|<ipv6>**Exemplos:**

172.16.1.100	(apenas IPv4)
2001:db8::1	(apenas IPv6)
172.16.1.100 2001:db8::1	(Dual-stack)

**Fonte:** Alocação de Endereço PDN (PAA) do PGW-C**Notas:**

- IPv4 vazio: Nenhum endereço IPv4 alocado
- IPv6 vazio: Nenhum endereço IPv6 alocado
- Ambos presentes: Conexão PDN de pilha dupla

### **13. pgw\_ip (Endereço IP do Plano de Controle do Gateway Par)**

**Tipo:** String (endereço IPv4 ou IPv6)

**Descrição:** Endereço IP do plano de controle S5/S8 do gateway par (F-TEID)

- Para CDRs do SGW-C: IP do plano de controle S5/S8 do PGW-C (F-TEID remoto)
- Para CDRs do PGW-C: IP do plano de controle S5/S8 do SGW-C (F-TEID remoto)

**Formato:** Decimal pontuado (IPv4) ou hex-colon (IPv6)

**Exemplo:**

10.0.1.20	(IPv4)
2001:db8::20	(IPv6)

**Fonte:**

- SGW-C: Recebido na Resposta de Criação de Sessão do PGW-C
- PGW-C: Recebido na Solicitação de Criação de Sessão do SGW-C

**Nota:** Apesar do nome do campo "pgw\_ip", isso contém o endereço IP do gateway par

### **14. apn (Nome do Ponto de Acesso)**

**Tipo:** String (até 100 caracteres)

**Descrição:** Nome do Ponto de Acesso identificando a rede externa (PDN)

**Formato:** Formato de rótulo semelhante ao DNS

**Exemplos:**

```
internet
ims
mms
enterprise.corporate
```

**Fonte:** Recebido na Solicitação de Criação de Sessão do MME

**Uso:**

- Determina a qual rede externa se conectar
- Impulsiona políticas e regras de cobrança
- Pode determinar o pool de endereços IP

### **15. qci (Identificador da Classe de QoS)**

**Tipo:** Inteiro não assinado de 8 bits

**Descrição:** O Identificador da Classe de QoS define a qualidade de serviço da portadora

**Intervalo:** 1 - 9 (padronizado), 128-254 (específico do operador)

**Valores QCI Padronizados:**

QCI	Tipo de Recurso	Prioridade	Atraso de Pacote	Perda de Pacote	Serviço de Exemplo
1	GBR	2	100 ms	10^-2	Voz Conversacional
2	GBR	4	150 ms	10^-3	Vídeo Conversacional
3	GBR	3	50 ms	10^-3	Jogos em Tempo Real
4	GBR	5	300 ms	10^-6	Vídeo Não Conversacional
5	Non-GBR	1	100 ms	10^-6	Sinalização IMS
6	Non-GBR	6	300 ms	10^-6	Vídeo (buffered)
7	Non-GBR	7	100 ms	10^-3	Voz, Vídeo, Jogos
8	Non-GBR	8	300 ms	10^-6	Vídeo (buffered)
9	Non-GBR	9	300 ms	10^-6	Portadora Padrão

**Exemplo:**

9 → Portadora padrão (esforço máximo)

**Fonte:** Parâmetros de QoS da portadora do PGW-C

### **16. octets\_in (Volume de Downlink)**

**Tipo:** Inteiro não assinado de 64 bits

**Descrição:** Número de bytes transmitidos na direção de downlink (rede → UE)

**Unidades:** Bytes

**Exemplo:**

1048576 → 1 MB de downlink

**Fonte:** Medição de Volume PFPCP do plano de usuário (PGW-U ou SGW-U)

**Notas:**

- Cumulativo para eventos update
- Total final para eventos end
- Sempre 0 para eventos start

### **17. octets\_out (Volume de Uplink)**

**Tipo:** Inteiro não assinado de 64 bits

**Descrição:** Número de bytes transmitidos na direção de uplink (UE → rede)

**Unidades:** Bytes

**Exemplo:**

524288 → 512 KB de uplink

**Fonte:** Medição de Volume PFPCP do plano de usuário (PGW-U ou SGW-U)

**Notas:**

- Cumulativo para eventos update
- Total final para eventos end
- Sempre 0 para eventos start

## Exemplos

### Exemplo 1: Sessão Básica com Atualização Única

#### Linha do Tempo:

1. Portadora estabelecida
2. 5 minutos depois: Atualização de uso (10 MB down, 5 MB up)
3. Sessão terminada

#### Saída do CDR:

```
# Arquivo CDR de Dados:  
# Hora de Início do Arquivo: 10:00:00 (1726570800)  
# Hora de Fim do Arquivo: 11:00:00 (1726574400)  
# Nome do Gateway: pgw-c-01  
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out  
1726570800,3102601111111111,default_bearer_start,10001,155511111111,11111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,0,0  
1726571100,3102601111111111,default_bearer_update,10001,155511111111,11111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,10485760,5242880  
1726571400,3102601111111111,default_bearer_end,10001,155511111111,11111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,10485760,5242880
```

### Exemplo 2: Sessão de Pilha Dupla com Múltiplas Atualizações

#### Linha do Tempo:

1. Portadora de pilha dupla estabelecida (IPv4 + IPv6)
2. Múltiplas atualizações de uso
3. Sessão terminada

#### Saída do CDR:

```
1726570800,3102602222222222,default_bearer_start,10002,155522222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,0,0  
1726571100,3102602222222222,default_bearer_update,10002,155522222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,2097152,1048576  
1726571400,3102602222222222,default_bearer_update,10002,155522222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,8388608,4194304  
1726571700,3102602222222222,default_bearer_update,10002,155522222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,20971520,10485760  
1726572000,3102602222222222,default_bearer_end,10002,155522222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,31457280,15728640
```

### Exemplo 3: Sessão com Portadora Dedicada

#### Linha do Tempo:

1. Portadora padrão estabelecida (QCI 9)
2. Portadora dedicada criada para vídeo (QCI 6)
3. Atualizações de uso para ambas as portadoras
4. Portadora dedicada excluída
5. Portadora padrão terminada

#### Saída do CDR:

```
1726570800,3102603333333333,default_bearer_start,10003,155533333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,0,0  
1726571100,3102603333333333,dedicated_bearer_start,10004,155533333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,0,0  
1726571400,3102603333333333,default_bearer_update,10003,155533333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,5242880,2097152  
1726571700,3102603333333333,dedicated_bearer_update,10004,155533333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,104857600,1048576  
1726572000,3102603333333333,default_bearer_end,10003,155533333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,209715200,2097152  
1726572300,3102603333333333,default_bearer_end,10003,155533333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,10485760,4194304
```

#### Análise:

- A portadora padrão (10003) transporta tráfego de fundo (10 MB down, 4 MB up)
- A portadora dedicada (10004) transporta tráfego de vídeo (200 MB down, 2 MB up)
- Diferentes valores de QCI (9 vs 6) refletem diferentes tratamentos de QoS

## Integração

### Pipeline de Processamento de CDR

#### Métodos de Coleta de CDR

##### 1. Coleta Baseada em Arquivo:

```
# Monitorar diretório CDR (exemplo PGW-C)  
inotifywait -m /var/log/pgw_c/cdrs/ -e close_write | while read path action file; do  
    # Rotação de arquivo concluída, processar CDR  
    process_cdr "$path$file"  
done  
  
# Monitorar diretório CDR (exemplo SGW-C)  
inotifywait -m /var/log/sgw_c/cdrs/ -e close_write | while read path action file; do  
    # Rotação de arquivo concluída, processar CDR  
    process_cdr "$path$file"  
done
```

##### 2. Streaming em Tempo Real:

```
# Tail e stream para pipeline de processamento  
tail -F /var/log/pgw_c/cdrs/* /var/log/sgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

## Documentação Relacionada

### Cobrança

- [Interface Diameter Gy](#) - Cobrança online para assinantes pré-pagos
- [Interface Diameter Gx](#) - Controle de políticas e regras de cobrança em CDRs
- [Guia de Configuração](#) - Configuração de cobrança online

### Fontes de Dados

- [Interface PFPCP](#) - Relatório de uso do PGW-U via URRs
- [Interface S5/S8](#) - Informações da portadora para CDRs
- [Gerenciamento de Sessão](#) - Ciclo de vida da sessão e gatilhos de CDR
- [Alocação de IP do UE](#) - Endereços IP do UE registrados em CDRs

### Operações

- [Guia de Monitoramento](#) - Métricas de geração de CDR, rastreamento de integração de faturamento
- [Configuração PCO](#) - Contexto de parâmetros de rede para CDRs

### Referências 3GPP:

- TS 32.251 - Cobrança de domínio Packet Switched (PS)
- TS 29.274 - Sistema de Pacotes Evoluído 3GPP (EPS); Protocolo de Tunelamento de Pacotes GPRS Evoluído para o Plano de Controle (GTPv2-C)
- TS 29.244 - Interface entre os nós do Plano de Controle e do Plano de Usuário (PFPCP)





# Documentação da Interface Gx do Diameter

## Função de Regras de Política e Cobrança (PCRF)

---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Fundamentos da Interface Gx](#)
  3. [Protocolo Diameter](#)
  4. [Mensagens de Controle de Crédito](#)
  5. [Regras de Política e Cobrança](#)
  6. [Configuração](#)
  7. [Fluxos de Mensagem](#)
  8. [Tratamento de Erros](#)
  9. [Solução de Problemas](#)
- 

## Visão Geral

A **interface Gx** conecta o PGW-C ao **PCRF (Função de Regras de Política e Cobrança)** ou **PCF (Função de Controle de Política)** em redes 5G. Esta interface permite:

- **Controle Dinâmico de Política** - Aplicação de QoS e políticas em tempo real
- **Controle de Cobrança** - Autorização de crédito e rastreamento de uso
- **Consciência de Serviço** - Diferenciação de tráfego em nível de aplicativo
- **Gerenciamento de Perfil do Assinante** - Aplicação de políticas por usuário

## Gx na Arquitetura da Rede

## Funções Principais

Função	Descrição
<b>Provisionamento de Política</b>	O PCRF fornece regras de PCC definindo como lidar com o tráfego
<b>Controle de QoS</b>	Ajuste dinâmico de taxas de bits e parâmetros de QoS
<b>Controle de Cobrança</b>	Autorização de crédito para cenários pré-pagos/pós-

<b>Função</b>	<b>Descrição</b>
<b>Controle de Gating</b>	pagos Habilitar/desabilitar fluxos de tráfego com base na política
<b>Monitoramento de Uso</b>	Rastrear consumo de dados por serviço

---

## Fundamentos da Interface Gx

### Referência 3GPP

- **Especificação:** 3GPP TS 29.212
- **ID da Aplicação Diameter:** 16777238 (Gx)
- **Protocolo:** Protocolo Base Diameter (RFC 6733)

### Conceito de Sessão

Cada conexão PDN do UE tem uma **sessão Gx** correspondente identificada por um **Session-ID**. Esta sessão:

- Criada quando o UE se conecta (CCR-Initial)
- Atualizada durante a vida útil da conexão (CCR-Update) - opcional
- Encerrada quando o UE se desconecta (CCR-Termination)

### Formato do ID da Sessão

Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[ ;<optional>]

Exemplo: omni-

pgw\_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;1234567890;98765

Componentes:

- **Origin-Host:** Identidade Diameter do PGW-C
- **high32:** 32 bits altos do identificador único
- **low32:** 32 bits baixos do identificador único

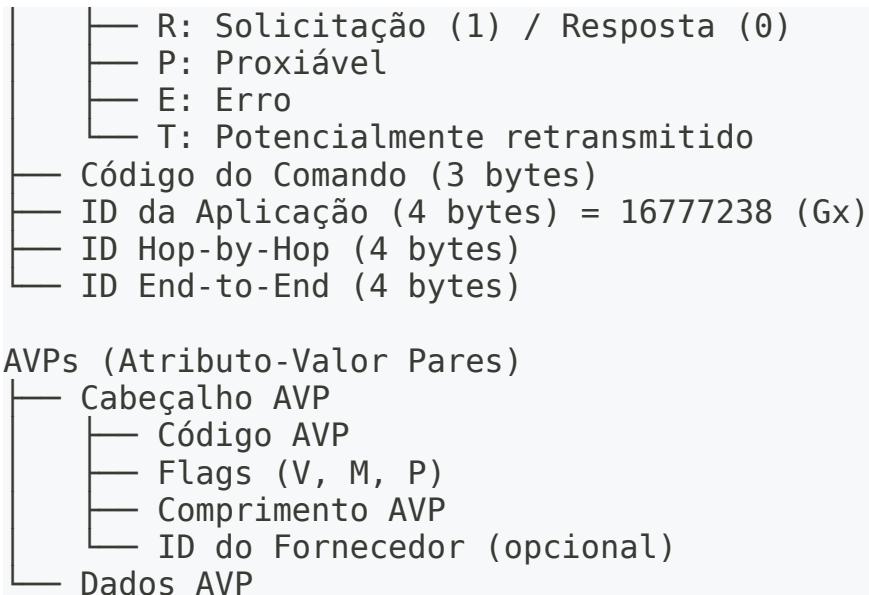
---

## Protocolo Diameter

### Estrutura da Mensagem

As mensagens Diameter são codificadas em binário com a seguinte estrutura:

```
Cabeçalho Diameter (20 bytes)
└── Versão (1 byte) = 1
└── Comprimento da Mensagem (3 bytes)
└── Flags (1 byte)
```



## Conceitos Chave do Diameter

### AVP (Atributo-Valor Par):

- Unidade de dados básica no Diameter
- Contém um código, flags e valor
- Pode ser aninhado (AVP Agrupado)

### Comando:

- Par Solicitação/Resposta
- CCR (Solicitação de Controle de Crédito) / CCA (Resposta de Controle de Crédito)

### Códigos de Resultado:

- 2001 - DIAMETER\_SUCCESS
- 3xxx - Erros de protocolo
- 4xxx - Falhas transitórias
- 5xxx - Falhas permanentes

## Mensagens de Controle de Crédito

O PGW-C usa a **Aplicação de Controle de Crédito Diameter** (RFC 4006) para Gx.

## Tipos de Mensagens

### CCR-Initial (Solicitação de Controle de Crédito - Inicial)

**Quando:** O UE cria uma nova conexão PDN

**Propósito:**

- Solicitar regras iniciais de política e cobrança
- Fornecer contexto do UE e da rede ao PCRF
- Obter parâmetros de QoS e autorização de cobrança

**AVPs Chave Enviados pelo PGW-C:**

Nome do AVP	Código do AVP	Tipo	Descrição
Session-Id	263	UTF8String Gx	Identificador único da sessão Gx
Auth-Application-Id	258	Unsigned32 16777238 (Gx)	
Origin-Host	264	DiamIdent	Identidade Diameter do PGW-C
Origin-Realm	296	DiamIdent	Reino Diameter do PGW-C
Destination-Realm	283	DiamIdent	Reino do PCRF
CC-Request-Type	416	Enumerated 1 = INITIAL_REQUEST	
CC-Request-Number	415	Unsigned32	Número de sequência (começa em 0)
Subscription-Id	443	Grouped	Identificador do UE (IMSI/MSISDN)
Called-Station-Id	30	UTF8String	Nome da APN
Framed-IP-Address	8	OctetString	Endereço IPv4 alocado ao UE
IP-CAN-Type	1027	Enumerated 5 = 3GPP-EPS	
RAT-Type	1032	Enumerated 1004 = EUTRAN	
QoS-Information	1016	Grouped	QoS atual (AMBR)
Network-Request-Support	1024	Enumerated	Procedimentos iniciados pela rede
Supported-Features	628	Grouped	Lista de recursos Gx

**Exemplo de Estrutura CCR-I:**

```
CCR (Código do Comando: 272, Solicitação)
└── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
└── Auth-Application-Id: 16777238
└── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
└── CC-Request-Number: 0
```

```

└── Subscription-Id (Agrupado)
    └── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
        └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
└── Called-Station-Id: "internet"
└── Framed-IP-Address: 100.64.1.42
└── IP-CAN-Type: 3GPP-EPS (5)
└── RAT-Type: EUTRAN (1004)
└── QoS-Information (Agrupado)
    └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 (100 Mbps)
        └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 50000000 (50 Mbps)
└── Network-Request-Support: 1
└── Supported-Features: [...]

```

## **CCA-Initial (Resposta de Controle de Crédito - Inicial)**

**Enviado por:** PCRF em resposta ao CCR-I

### **Propósito:**

- Autorizar ou rejeitar a sessão
- Fornecer regras de PCC para tratamento de tráfego
- Especificar parâmetros de QoS

### **AVPs Chave Recebidos pelo PGW-C:**

<b>Nome do AVP</b>	<b>Código do AVP</b>	<b>Descrição</b>
Result-Code	268	Sucesso (2001) ou código de erro
Experimental-Result	297	Códigos de resultado específicos do fornecedor
QoS-Information	1016	QoS autorizada (pode diferir da solicitação)
Charging-Rule-Install	1001	Regras de PCC a serem ativadas
Charging-Rule-Definition	1003	Definições de regras em linha
Default-EPS-Bearer-QoS	1049	QoS para bearer padrão

### **Exemplo de Resposta de Sucesso:**

```

CCA (Código do Comando: 272, Resposta)
└── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
└── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
└── Origin-Host: "pcrf.example.com"
└── Origin-Realm: "example.com"
└── Auth-Application-Id: 16777238
└── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
└── CC-Request-Number: 0
└── QoS-Information (Agrupado)

```

```

    └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps - reduzido)
    └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps - aumentado)
└── Charging-Rule-Install (Agrupado)
    ├── Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
    └── Charging-Rule-Name: "video_streaming_rule"
└── Charging-Rule-Definition (Agrupado)
    ├── Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
    ├── QoS-Information: {...}
    └── Precedence: 1000

```

## **CCR-Termination (Solicitação de Controle de Crédito - Término)**

**Quando:** O UE se desconecta ou a conexão PDN é excluída

**Propósito:**

- Notificar o PCRF sobre o término da sessão
- Registro final de cobrança

**Diferenças Chave em Relação ao CCR-I:**

- CC-Request-Type: TERMINATION\_REQUEST (3)
- Pode incluir estatísticas de uso
- Conjunto de AVPs simplificado

**Exemplo CCR-T:**

```

CCR (Código do Comando: 272, Solicitação)
└── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
└── Auth-Application-Id: 16777238
└── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└── CC-Request-Number: 1
└── Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)

```

## **CCA-Termination**

**Enviado por:** PCRF em resposta ao CCR-T

**Propósito:**

- Reconhecer o término da sessão
- Nenhuma regra de política retornada

**Exemplo CCA-T:**

```
CCA (Código do Comando: 272, Resposta)
└── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
└── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
└── Origin-Host: "pcrf.example.com"
└── Origin-Realm: "example.com"
└── Auth-Application-Id: 16777238
└── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└── CC-Request-Number: 1
```

---

## Regras de Política e Cobrança

### Estrutura da Regra PCC

Uma **Regra PCC (Controle de Política e Cobrança)** define como lidar com fluxos de tráfego específicos:

### Componentes da Regra

#### 1. Nome da Regra:

- Identificador único para a regra
- Exemplo: "video\_streaming\_rule"

#### 2. Precedência:

- Número menor = maior prioridade
- Intervalo: 0-65535
- Usado quando várias regras correspondem

#### 3. Filtros de Fluxo (TFT - Modelo de Fluxo de Tráfego):

- Define quais pacotes correspondem a esta regra
- Exemplos:
  - Tupla IP 5: Protocolo, IP Src/Dst, Porta Src/Dst
  - "permit out ip from any to 8.8.8.8 80"

#### 4. Informações de QoS:

- **QCI (Identificador de Classe de QoS):** 1-9 (padronizado), 128-254 (específico do operador)
  - QCI 1: Voz Conversacional
  - QCI 5: Sinalização IMS
  - QCI 9: Internet Padrão
- **ARP (Prioridade de Alocação e Retenção):** Capacidade de preempção
- **MBR/GBR:** Taxas de Bits Máximas/Garantidas

#### 5. Informações de Cobrança:

- **Grupo de Avaliação:** Identifica a categoria de cobrança (usado pelo OCS - veja [Interface Diameter Gy](#))
- **Método de Medição:** Baseado em volume, tempo ou evento
- **Cobrança Online/Offline:** OCS (pré-pago via [Diameter Gy](#)) vs. CDRs offline (pós-pago - veja [Formato de CDR de Dados](#))

## 6. Status de Gating:

- **ABERTO:** Permitir tráfego
- **FECHADO:** Bloquear tráfego

## Provisionamento Dinâmico de Regras

O PCRF pode fornecer regras de duas maneiras:

### 1. Regras Predefinidas (por nome):

```
Charging-Rule-Install (Agrupado)
└─ Charging-Rule-Name: "gold_subscriber_internet"
└─ Charging-Rule-Name: "video_qos_boost"
```

### 2. Regras Dinâmicas (definição em linha):

```
Charging-Rule-Definition (Agrupado)
└─ Charging-Rule-Name: "dynamic_rule_123"
└─ Precedence: 100
└─ Flow-Information (Agrupado)
    └─ Flow-Description: "permit out ip from any to 192.0.2.0/24"
        └─ Flow-Direction: DOWNLINK
└─ QoS-Information (Agrupado)
    └─ QoS-Class-Identifier: 5
    └─ Max-Requested-Bandwidth-UL: 10000000
        └─ Max-Requested-Bandwidth-DL: 50000000
└─ Rating-Group: 1000
```

## AVP de Informações de QoS

### APN-AMBR (Taxa Máxima de Bits Agregada):

Aplica-se a todos os bearers não-GBR para esta APN:

```
QoS-Information (Agrupado)
└─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 # 100 Mbps
└─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 200000000 # 200 Mbps
```

### Resposta do PGW-C:

- Atualiza o estado interno do AMBR

- Envia Solicitação de Modificação de Sessão ao PGW-U com QER atualizado
- 

## Configuração

### Configuração Básica do Gx

Edite config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
diameter: %{
  # Endereço IP para escutar conexões Diameter
  listen_ip: "0.0.0.0",

  # Identidade Diameter do PGW-C (Origin-Host)
  host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

  # Reino Diameter do PGW-C (Origin-Realm)
  realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

  # Lista de peers PCRF
  peer_list: [
    %{
      # Identidade Diameter do PCRF
      host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

      # Reino do PCRF (geralmente o mesmo que o reino do PGW-C)
      realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

      # Endereço IP do PCRF
      ip: "10.0.0.30",

      # Se o PGW-C inicia a conexão com o PCRF
      # true = PGW-C conecta ao PCRF
      # false = Aguarda o PCRF conectar
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

### Múltiplos Peers PCRF

Para redundância ou distribuição geográfica:

```
config :pgw_c,
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
```

```

host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
peer_list: [
    %{
        host: "pcrf-primary.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.1.30",
        initiate_connection: true
    },
    %{
        host: "pcrf-backup.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.2.30",
        initiate_connection: true
    }
]
}

```

### **Balanceamento de Carga:**

- O protocolo Diameter lida com a seleção de peers
- Solicitações distribuídas com base na disponibilidade
- Failover automático em caso de falha do peer

### **Resolução de Nome de Host**

**Identidades Diameter devem ser FQDNs** (Nomes de Domínio Totalmente Qualificados):

```

# CORRETO - formato FQDN
host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"

# INCORRETO - Não é uma Identidade Diameter válida
host: "pgw_c"
host: "10.0.0.20" # Endereços IP não são permitidos

```

### **Formato do Reino:**

- Deve ser um nome de domínio válido
  - Geralmente corresponde ao formato PLMN 3GPP:  
epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org
-

# Fluxos de Mensagem

## Estabelecimento de Sessão Bem-Sucedido

**Nota:** Os parâmetros de QoS do PCRF são traduzidos em QERs (Regras de Aplicação de QoS) e programados no PGW-U via PFCP. Veja [Interface PFCP](#) para detalhes sobre QER.

## Atualização de Política (Iniciada pela Rede)

## Término da Sessão

---

## Tratamento de Erros

### Códigos de Resultado

O PGW-C lida com vários códigos de resultado Diameter nas mensagens CCA:

#### Códigos de Sucesso:

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Ação</b>
2001	DIAMETER_SUCCESS	Continuar o estabelecimento da sessão

#### Falhas Permanentes (5xxx):

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Ação do PGW-C</b>
5002	DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID	Registrar erro, falhar sessão
5030	DIAMETER_USER_UNKNOWN	Rejeitar sessão (Usuário Desconhecido)
5140	DIAMETER_ERROR_INITIAL_PARAMETERS	Registrar erro, tentar novamente ou falhar
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	Rejeitar sessão (Não Autorizado)

#### Falhas Transitórias (4xxx):

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Ação do PGW-C</b>
4001	DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED	Tentar novamente ou falhar sessão
4010	DIAMETER_TOO_BUSY	Tentar novamente com backoff
4012	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	Registrar erro, pode tentar novamente

## Códigos de Resultado Experimentais

Códigos de erro específicos do fornecedor:

```
Experimental-Result (Agrupado)
└─ Vendor-Id: 10415 (3GPP)
    └─ Experimental-Result-Code: <código específico do fornecedor>
```

## Códigos Experimentais Comuns 3GPP:

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Significado</b>
5065	IP_CAN_SESSION_NOT_AVAILABLE	PCRF não pode estabelecer sessão
5143	INVALID_SERVICE_INFORMATION	Dados de serviço inválidos

## Tratamento de Timeout

### Timeout do CCR-I:

Se o PCRF não responder ao CCR-Initial dentro do timeout:

1. PGW-C aguarda o timeout configurado (por exemplo, 5 segundos)
2. Se nenhuma CCA recebida:
  - Registrar: "timeout do CCR-Initial para Session-ID: ..."
  - Responder ao SGW-C com causa de erro
  - Limpar recursos alocados
3. SGW-C recebe: Resposta de Criação de Sessão (Causa: Peer Remoto Não Respondendo)

### Resposta de Erro ao SGW-C:

Arquivo: /lib/session/impl/message\_handlers.ex

```
{:error, :credit_control_initial_request_timeout} ->
  Procedures.do_gtp_c_error_response(
    from,
    :create_session_response,
    seq_num,
    :remote_peer_not_responding
  )
```

## Cenários de Falha

### Cenário 1: PCRF Rejeita Sessão (Usuário Desconhecido)

### Cenário 2: PCRF Temporariamente Indisponível

# Solução de Problemas

## Problemas Comuns

### 1. Falha na Conexão do Peer Diameter

#### Sintomas:

- Log: "peer Diameter não conectado"
- Nenhum CCR-Initial enviado

#### Possíveis Causas:

- PCRF não acessível
- IP do PCRF incorreto na configuração
- Firewall bloqueando a porta Diameter (3868)
- Identidades Diameter incorretas (host/reino)

#### Resolução:

```
# Testar conectividade de rede
ping <pcrf_ip>

# Testar porta Diameter (TCP 3868)
telnet <pcrf_ip> 3868

# Verificar configuração da identidade Diameter
# Garantir que host e reino sejam FQDNs, não IPs
```

#### Verificar Configuração:

```
config :pgw_c,
diameter: %{
    # Deve ser FQDN, não IP
    host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
        %{
            host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
            ip: "10.0.0.30"
        }
    ]
}
```

### 2. Timeouts no CCR-Initial

#### Sintomas:

- Falha na Solicitação de Criação de Sessão
- Log: "timeout do CCR-Initial"

### **Possíveis Causas:**

- PCRF sobrecarregado
- Latência de rede
- PCRF não respondendo a este Session-ID

### **Resolução:**

1. Verificar logs do PCRF para erros
2. Verificar se o PCRF está processando solicitações
3. Verificar latência de rede: ping <pcrf\_ip>
4. Aumentar o timeout se a latência da rede for alta

## **3. Sessões Rejeitadas pelo PCRF**

### **Sintomas:**

- CCA-Initial com Result-Code != 2001
- Falha na Resposta de Criação de Sessão

### **Códigos de Resultado Comuns:**

<b>Código de Resultado</b>	<b>Causa Provável</b>	<b>Resolução</b>
5030	IMSI não no banco de dados de assinantes	Provisionar assinante no HSS/SPR
5003	Autorização rejeitada	Verificar permissões do assinante
4010	PCRF muito ocupado	Tentar novamente ou adicionar capacidade ao PCRF

### **Verificar Logs:**

```
# Logs do PGW-C mostraram:
[error] Erro Diameter Gx: Código de Resultado 5030
(DIAMETER_USER_UNKNOWN)
[error] IMSI 3102609999999999 rejeitado pelo PCRF
```

## **4. QoS Não Aplicada**

### **Sintomas:**

- Sessão estabelecida, mas QoS incorreta
- Taxas de bits não correspondem aos valores esperados

### **Passos de Depuração:**

## **1. Verificar CCA-Initial:**

- Verificar se o AVP QoS-Information está presente
- Verificar valores de APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL/DL

## **2. Verificar Estabelecimento de Sessão PFCP:**

- Verificar se QER criado com valores MBR corretos
- Verificar logs do PGW-U para instalação de QER

## **3. Verificar Política do PCRF:**

- Verificar configuração do PCRF
- Verificar se o perfil do assinante inclui QoS correta

## **5. Problemas de Roteamento Diameter**

### **Sintomas:**

- Mensagens Diameter não chegando ao PCRF
- Log: "Sem rota para Destination-Realm"

### **Causa:**

- Desvio entre configuração e mensagens

### **Resolução:**

Garantir consistência:

```
# Todos devem corresponder
config :pgw_c,
diameter: %{
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org", # Reino do PGW-C
    peer_list: [
        %{
            realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org" # Reino do PCRF
(geralmente o mesmo)
        }
    ]
}
```

### **No CCR-Initial:**

```
Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
```

# Monitoramento da Saúde do Gx

## Métricas Chave:

```
# Taxas de mensagens Gx
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])

# Taxas de erro Gx
rate(gx_inbound_errors_total[5m])

# Contagem de sessões Gx
session_id_registry_count

# Duração do manuseio de mensagens Gx
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

## Exemplos de Alerta:

```
# Alerta sobre alta taxa de erro Gx
- alert: GxErrorRateHigh
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta taxa de erro Gx detectada"

# Alerta sobre timeout Gx
- alert: GxTimeout
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{error_type="timeout"}[5m]) >
0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "Timeouts Gx ocorrendo"

# Alerta sobre rejeição de sessão
- alert: GxSessionRejection
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{result_code="5030"}[5m]) > 0.01
  for: 5m
  annotations:
    summary: "PCRF rejeitando sessões (USUÁRIO DESCONHECIDO)"
```

## Registro de Depuração

Ativar registro verbose do Diameter:

```
# config/runtime.exs
config :logger, level: :debug
```

```
# Ou em tempo de execução  
iex> Logger.configure(level: :debug)
```

### Procurar por:

- [debug] Enviando CCR-Initial para Session-ID: ...
  - [debug] Recebido CCA-Initial: Result-Code 2001
  - [error] Erro Diameter: ...
- 

## UI Web - Monitoramento de Peers Diameter

OmniPGW inclui uma UI Web em tempo real para monitorar conexões e status de peers Diameter.

### Página de Peers Diameter

**Acesso:** <http://<omnipgw-ip>:<web-port>/diameter>

**Propósito:** Monitorar a conectividade do peer Diameter Gx ao PCRF em tempo real

#### Recursos:

##### 1. Visão Geral da Conexão do Peer

- **Contagem Conectada** - Número de peers PCRF com conexão ativa
- **Contagem Desconectada** - Número de peers configurados, mas não conectados
- Atualiza automaticamente a cada 1 segundo (atualização mais rápida de todas as páginas)

##### 2. Informações de Status por Peer

Para cada peer PCRF configurado:

- **Host** - Identidade Diameter (Origin-Host)
- **Endereço IP** - IP do PCRF
- **Porta** - Porta Diameter (padrão 3868)
- **Status** - Conectado (verde) / Desconectado (vermelho)
- **Transporte** - TCP ou SCTP
- **Iniciação de Conexão** - Quem inicia (PGW ou PCRF)
- **Reino** - Reino Diameter
- **Nome do Produto** - Identificador do produto PCRF (se anunciado)
- **IDs de Aplicação** - Aplicações Diameter suportadas (por exemplo, Gx = 16777238)

##### 3. Detalhes Expansíveis

Clique em qualquer linha de peer para ver:

- Configuração completa do peer

- Detalhes da Troca de Capacidades (CER/CEA)
- Recursos suportados
- Estado completo da conexão

## Casos de Uso Operacionais

### Monitorar Conectividade do PCRF:

1. Abra a página Diameter no navegador
2. Verifique se todos os peers PCRF mostram "Conectado"
3. Verifique se a Iniciação de Conexão corresponde à configuração
4. Verifique se os IDs de Aplicação incluem Gx (16777238)

### Solução de Problemas de Falhas na Criação de Sessões (Problemas Gx):

1. Sessões de usuário falhando com erros "timeout do PCRF"
2. Abra a página Diameter
3. Verifique o status do peer:
  - Desconectado?
    - Verifique conectividade de rede
    - Verifique se o PCRF está em execução
    - Verifique regras de firewall para TCP 3868
  - Conectado, mas sessões falhando?
    - O problema está no nível da aplicação (verifique logs)
    - O PCRF pode estar rejeitando assinantes

### Verificar Configuração Diameter:

1. Após configurar um novo peer PCRF
2. Abra a página Diameter
3. Verifique se o peer aparece na lista
4. Verifique se o status muda para "Conectado"
5. Expanda o peer para verificar:
  - Reino corresponde à configuração
  - IDs de Aplicação incluem Gx
  - Nome do Produto mostra identificador do PCRF

### Monitorar Failover:

Cenário: PCRF primário falha

1. A página Diameter mostra primário "Desconectado"
2. Verifique se o PCRF de backup ainda está "Conectado"
3. Novas sessões usam automaticamente o backup
4. Quando o primário se recupera, o status retorna a "Conectado"

### Detectar Problemas de Roteamento Diameter:

- Peer mostra "Conectado", mas reino errado
- IDs de Aplicação não incluem Gx (16777238)

- Nome do Produto não corresponde ao esperado do PCRF

## Identificar Inconsistências de Configuração:

A UI Web mostra:

Iniciação de Conexão: "Peer inicia"

Mas a configuração diz:

initiate\_connection: true

Isso indica:

- OmniPGW tenta conectar
- Mas o PCRF também está iniciando
- Pode causar condições de corrida de conexão

## Vantagens:

- **Taxa de atualização mais rápida** - Atualizações a cada 1 segundo
- **Status de conexão visual** - Indicação imediata em vermelho/verde
- **Nenhuma ferramenta Diameter necessária** - Sem necessidade de ferramentas CLI diameter
- **Configuração do peer visível** - Verificar configurações sem checar arquivos de configuração
- **Detalhes em nível de aplicação** - Ver IDs de aplicações Diameter suportadas
- **Verificação de reino** - Confirmar configuração de roteamento Diameter

## Integração com Métricas

Enquanto a UI Web fornece status em tempo real, combine com Prometheus para:

- Taxas de erro Gx históricas
- Contagens de mensagens CCR/CCA
- Tendências de latência

UI Web = "Está funcionando agora?" Métricas = "Como tem funcionado ao longo do tempo?"

---

## Documentação Relacionada

### Configuração e Política

- [\*\*Guia de Configuração\*\*](#) - Configuração Diameter, configuração de peers PCRF
- [\*\*Interface PFCP\*\*](#) - Aplicação de QoS via QERs de regras PCC
- [\*\*Gerenciamento de Sessão\*\*](#) - Ciclo de vida da sessão com integração de política

- **[QoS & Gerenciamento de Bearer](#)** - Configuração detalhada de QoS e configuração de bearer

## Integração de Cobrança

- **[Interface Diameter Gy](#)** - Cobrança online acionada por regras PCC
- **[Formato de CDR de Dados](#)** - Registros de cobrança offline com informações de política
- **[Configuração PCO](#)** - Entrega P-CSCF para controle de política IMS

## Operações

- **[Guia de Monitoramento](#)** - Métricas Gx, rastreamento de políticas, alertas de conectividade do PCRF
  - **[Interface S5/S8](#)** - Integração de gerenciamento de bearer com política
- 

**[Voltar ao Guia de Operações](#)**



## Cobrança Online de Diâmetro (Interface Gy/Ro)

Interface do Sistema de Cobrança Online (OCS)

### Índice

1. Visão Geral
2. Arquitetura de Cobrança 3GPP
3. Noções Básicas da Interface Gy/Ro
4. Mensagens de Controle de Crédito
5. Fluxos de Cobrança Online
6. Controle de Cobrança de Bearer
7. Controle de Crédito para Múltiplos Serviços
8. Configuração
9. Fluxos de Mensagens
10. Tratamento de Erros
11. Integração com Gx
12. Solução de Problemas

### Visão Geral

A interface Gy (também chamada de interface Ro em contextos IMS) conecta o PGW-C ao Sistema de Cobrança Online (OCS) para controle de crédito em tempo real. Isso possibilita:

- Cobrança Pré-paga - Autorização e dedução de crédito em tempo real
- Controle de Crédito em Tempo Real - Conceder cota antes da entrega do serviço
- Cobrança Baseada em Serviço - Cobrança diferente para voz, dados, SMS, etc.
- Atualizações Imediatas de Conta - Atualizações de saldo de crédito em tempo real
- Negociação de Serviço - Bloquear serviço quando o crédito se esgotar

### Cobrança Online vs. Offline

Aspecto	Cobrança Online (Gy/Ro)	Cobrança Offline (Gz/Rf)
Tempo	Em tempo real, antes do serviço	Após a entrega do serviço
Caso de Uso	Assinantes pré-pagos	Assinantes pós-pagos
Verificação de Crédito	Sim, antes de conceder o serviço	Não, fatura gerada posteriormente
Sistema	OCS (Sistema de Cobrança Online)	CGF/CDF (Função de Dados de Cobrança)
Risco	Sem perda de receita	Risco de faturas não pagas
Complexidade	Alta (requisitos em tempo real)	Menor (processamento em lote)
Impacto ao Usuário	Serviço negado se não houver crédito	Serviço sempre disponível

Veja também: [Formato de CDR de Dados](#) para registros de cobrança offline (faturamento pós-pago)

Veja também: [Gerenciamento de Sessões](#) para o ciclo de vida completo da sessão PDN, incluindo integração de cobrança

### Gy na Arquitetura da Rede

#### Funções Chave

Função	Descrição
Autorização de Crédito	Solicitar cota do OCS antes de permitir tráfego
Gerenciamento de Cota	Acompanhar unidades concedidas (bytes, tempo, eventos)
Detectação de Esgotamento de Crédito	Monitorar cota restante
Re-autorização	Solicitar cota adicional quando o limite for alcançado
Terminação de Serviço	Parar o serviço quando o crédito se esgotar
Liquidação Final	Relatar uso real ao final da sessão

### Arquitetura de Cobrança 3GPP

#### Pontos de Referência de Cobrança

##### Função de Gatilho de Cobrança (CTF)

O PGW-C atua como um CTF (Função de Gatilho de Cobrança), responsável por:

1. Detectar eventos cobrados - Início da sessão, uso de dados, fim da sessão
2. Solicitar autorização de crédito - Antes de permitir o serviço
3. Acompanhar o consumo de cota - Monitorar unidades concedidas
4. Gerar eventos de cobrança - Acionar solicitações de crédito
5. Impor controle de crédito - Bloquear tráfego quando a cota se esgotar

##### Função de Cobrança Online (OCF)

O OCS implementa a OCF (Função de Cobrança Online):

1. Gerenciamento de saldo de conta - Acompanhar crédito do assinante
2. Classificação - Determinar preço por unidade (por MB, por segundo, etc.)
3. Reserva de crédito - Reservar crédito para cota concedida
4. Dedução de crédito - Deduzir ao relatar uso
5. Decisões de política - Conceder ou negar com base no saldo

### Noções Básicas da Interface Gy/Ro

#### Referência 3GPP

- Especificação: 3GPP TS 32.299 (Arquitetura de cobrança)
- Protocolo: 3GPP TS 32.251 (Cobrança do domínio PS)
- ID da Aplicação Diâmetro: 4 (Gy/Ro - Aplicação de Controle de Crédito)
- Protocolo Base: RFC 4006 (Aplicação de Controle de Crédito Diâmetro)

#### Conceito de Sessão

Cada conexão PDN de UE que requer cobrança online tem uma sessão Gy/Ro identificada por um Session-ID. Esta sessão:

- Criada quando o bearer requer cobrança online (CCR-Initial)
- Atualizada quando a cota é consumida (CCR-Update)
- Terminada quando a sessão termina (CCR-Termination)

#### Formato do ID da Sessão

Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]  
Exemplo: omni-pgw\_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;9876543210;12345;gy

Componentes:

- Origin-Host: Identidade Diâmetro do PGW-C
- high32: 32 bits altos do identificador único
- low32: 32 bits baixos do identificador único
- optional: identificador adicional (por exemplo, "gy" para distinguir do Gx)

### Mensagens de Controle de Crédito

#### Tipos de Mensagens

##### CCR-Initial (Solicitação de Controle de Crédito - Inicial)

Quando: UE cria uma conexão PDN e o bearer requer cobrança online

##### Propósito:

- Solicitar autorização de crédito inicial do OCS
- Reservar cota para entrega do serviço
- Estabelecer sessão Gy/Ro

#### Principais AVPs Enviados pelo PGW-C:

Nome do AVP	Código do AVP	Tipo	Descrição
Session-Id	263	UTF8String	Identificador único da sessão Gy
Auth-Application-Id	258	Unsigned32	4 (Controle de Crédito)
Origin-Host	264	DiamIdent	Identidade Diâmetro do PGW-C
Origin-Realm	296	DiamIdent	Reino Diâmetro do PGW-C
Destination-Realm	283	DiamIdent	Reino do OCS
CC-Request-Type	416	Enumerated	1 = INITIAL_REQUEST
CC-Request-Number	415	Unsigned32	Número de sequência (começa em 0)
Subscription-Id	443	Grouped	Identificador da UE (IMSI/MSISDN)
Service-Context-Id	461	UTF8String	Identificador do contexto de cobrança
Multiple-Services-Credit-Control	456	Grouped	Solicitações de crédito específicas do serviço
Requested-Service-Unit	437	Grouped	Cota solicitada (bytes, tempo, etc.)
Used-Service-Unit	446	Grouped	Cota utilizada (0 para inicial)
Service-Identifier	439	Unsigned32	Identificador do tipo de serviço
Rating-Group	432	Unsigned32	Identificador da categoria de cobrança

#### Exemplo de Estrutura CCR-I:

```
CCR (Código do Comando: 272, Solicitação)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
└─ Auth-Application-Id: 4
└─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
└─ CC-Request-Number: 0
└─ Subscription-Id: (Grouped)
    └─ Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
    └─ Subscription-Id-Data: "310260123456789"
└─ Subscription-Id: (Grouped)
    └─ Subscription-Id-Type: END_USER_E164 (0)
    └─ Subscription-Id-Data: "+15551234567"
    └─ Service-Context-Id: "3225163gpp.org"
└─ Multiple-Services-Credit-Control: (Grouped)
    └─ Service-Identifier: 1
    └─ Rating-Group: 100
    └─ Requested-Service-Unit: (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 10000000 (solicita 10 MB)
    └─ Used-Service-Unit: (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 0 (sem uso ainda)
```

#### CCA-Initial (Resposta de Controle de Crédito - Inicial)

Enviado por: OCS em resposta ao CCR-I

##### Propósito:

- Conceder ou negar autorização de crédito
- Fornecer cota para entrega do serviço
- Especificar parâmetros de classificação e cobrança

#### Principais AVPs Recebidos pelo PGW-C:

Nome do AVP	Código do AVP	Descrição
Result-Code	268	Sucesso (2001) ou código de erro
Multiple-Services-Credit-Control	456	Concessões de crédito específicas do serviço
Granted-Service-Unit	431	Cota concedida (bytes, tempo, etc.)
Validity-Time	448	Período de validade da cota (segundos)
Result-Code	268	Código de resultado por serviço
Final-Unit-Indication	430	Ação quando a cota se esgotar
Volume-Quota-Threshold	-	Límite para re-autorização

#### Exemplo de Resposta de Sucesso:

```
CCA (Código do Comando: 272, Resposta)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
└─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
└─ Origin-Host: "ocs.example.com"
└─ Origin-Realm: "example.com"
└─ Auth-Application-Id: 4
└─ CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
└─ CC-Request-Number: 0
└─ Multiple-Services-Credit-Control: (Grouped)
    └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    └─ Service-Identifier: 1
    └─ Rating-Group: 100
    └─ Granted-Service-Unit: (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 10000000 (concedido 10 MB)
    └─ Validity-Time: 3600 (cota válida por 1 hora)
    └─ Volume-Quota-Threshold: 8000000 (re-autorização em 8 MB usados, 80%)
```

#### CCR-Update (Solicitação de Controle de Crédito - Atualização)

##### Quando:

- Límite da cota concedida alcançado (por exemplo, 80% consumido)
- Tempo de validade expira
- Mudança de serviço requer re-autorização
- Mudança de tempo de tarifa

##### Propósito:

- Solicitar cota adicional
- Relatar uso da cota previamente concedida
- Atualizar parâmetros de cobrança

#### Principais Diferenças em Relação ao CCR-I:

- CC-Request-Type: UPDATE\_REQUEST (2)
- CC-Request-Number incrementado
- Used-Service-Unit contém uso real
- Requested-Service-Unit para mais cota

#### Exemplo de Estrutura CCR-U:

```
CCR (Código do Comando: 272, Solicitação)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
└─ Auth-Application-Id: 4
└─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)
└─ CC-Request-Number: 1
└─ Multiple-Services-Credit-Control: (Grouped)
    └─ Service-Identifier: 1
    └─ Rating-Group: 100
    └─ Used-Service-Unit: (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 8000000 (8 MB usados até agora)
    └─ Requested-Service-Unit: (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 10000000 (solicita mais 10 MB)
```

#### CCA-Update (Resposta de Controle de Crédito - Atualização)

Enviado por: OCS em resposta ao CCR-U

##### Propósito:

- Conceder cota adicional (se crédito disponível)
- Reconhecer uso
- Atualizar parâmetros de cobrança

#### Possíveis Resultados:

#### 1. Mais Cota Concedida:

```
CCA (Atualização)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    └─ Granted-Service-Unit
        └─ CC-Total-Octets: 10000000 (mais 10 MB)
    └─ Validity-Time: 3600
```

#### 2. Cota Final (Crédito Esgotado):

```
CCA (Atualização)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    └─ Granted-Service-Unit
        └─ CC-Total-Octets: 1000000 (apenas 1 MB restante)
    └─ Final-Unit-Indication
        └─ Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

#### 3. Sem Crédito Disponível:

```
CCA (Atualização)
└─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
    └─ Final-Unit-Indication
        └─ Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

### CCR-Termination (Solicitação de Controle de Crédito - Terminação)

#### Quando:

- UE se desanexa
- Coneção PDN excluída
- Sessão terminada por qualquer motivo

#### Propósito:

- Relatório final de uso
- Fechar sessão Gy/Ro
- Liquidação final

#### Principais Diferenças:

- CC-Request-Type: TERMINATION\_REQUEST (3)
- Used-Service-Unit contém uso final
- Sem Requested-Service-Unit (não há mais cota necessária)
- Inclui Termination-Cause

#### Exemplo de Estrutura CCR-T:

```
CCR (Código do Comando: 272, Solicitação)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
└─ Auth-Application-Id: 4
└─ Origin-Host: "pgw_c.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
└─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└─ CC-Request-Number: 5
└─ Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
└─ Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    └─ Service-Identifier: 1
    └─ Rating-Group: 100
    └─ Used-Service-Unit (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 18500000 (18,5 MB de uso total)
```

### CCA-Termination (Resposta de Controle de Crédito - Terminação)

Enviado por: OCS em resposta ao CCR-T

#### Propósito:

- Reconhecer a terminação da sessão
- Completar a contabilidade
- Liberar crédito reservado

#### Exemplo de CCA-T:

```
CCA (Código do Comando: 272, Resposta)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
└─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
└─ Origin-Host: "ocs.example.com"
└─ Origin-Realm: "example.com"
└─ Auth-Application-Id: 4
└─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└─ CC-Request-Number: 5
```

## Fluxos de Cobrança Online

### Tipos de Unidades de Serviço

O OCS pode conceder cota em diferentes unidades:

Tipo de Unidade	AVP	Descrição	Caso de Uso
Tempo	CC-Time	Segundos	Chamadas de voz, duração da sessão
Volume	CC-Total-Octets	Bytes (total up+down)	Serviços de dados
Volume (separado)	CC-Input-Octets, CC-Output-Octets	Bytes (separados)	Cobrança assimétrica
Específico do Serviço	CC-Service-Specific-Units	Unidades personalizadas	SMS, MMS, chamadas de API
Eventos	-	Eventos contados	Serviços pay-per-use

### Gerenciamento de Limite de Cota

**Problema:** Como o PGW-C sabe quando solicitar mais cota?

**Solução:** O OCS fornece um **Volume-Quota-Threshold** ou **Time-Quota-Threshold**. O PGW-C monitora o uso via Relatórios de Sessão PFCP do PGW-U (veja [Interface PFCP](#)).

#### Exemplo de Fluxo:

- OCS concede 10 MB de cota com limite de 80% (8 MB)
- PGW-C monitora o uso via relatórios de uso do PGW-U (Relatórios de Sessão PFCP)
- Quando o uso atinge 8 MB:
  - PGW-C envia CCR-Update
  - Continua permitindo tráfego (não espera pela resposta)
- OCS responde com mais cota
- Se a cota se esgotar antes do CCR-Update enviado:
  - PGW-C deve bloquear o tráfego

#### Cálculo do Limite:

Granted-Service-Unit: 10000000 bytes (10 MB)  
Volume-Quota-Threshold: 8000000 bytes (8 MB)

Quando 8 MB consumidos → Acionar CCR-Update  
Buffer restante: 2 MB (permite tempo para a resposta do OCS)

### Monitoramento do PGW-C:

O PGW-C monitora o uso via **Relatórios de Sessão PFCP** do PGW-U.

### Indicação de Unidade Final

O que acontece quando o crédito se esgota?

O OCS inclui o AVP **Final-Unit-Indication** na CCA para especificar a ação:

Ação de Unidade Final	Valor	Comportamento do PGW-C
TERMINATE	0	Bloquear todo o tráfego, iniciar a terminação da sessão
REDIRECT	1	Redirecionar tráfego para o portal (por exemplo, página de recarga)
RESTRICT_ACCESS	2	Permitir acesso apenas a serviços específicos (por exemplo, servidor de recarga)

#### Exemplo: Unidade Final com Redirecionamento

```

CCA (Atualização)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    └─ Granted-Service-Unit
        └─ CC-Total-Octets: 1000000 (último 1 MB)
        └─ Final-Unit-Indication
            └─ Final-Unit-Action: REDIRECT (1)
                └─ Redirect-Server (Grouped)
                    └─ Redirect-Address-Type: URL (2)
                        └─ Redirect-Server-Address: "http://topup.example.com"

```

#### Ações do PGW-C:

1. TERMINATE: Enviar CCR-T, excluir bearer
2. REDIRECT: Instalar regra PFCP para redirecionar HTTP para URL de recarga
3. RESTRICT\_ACCESS: Instalar regras PFCP permitindo apenas IPs na lista branca

## Controle de Cobrança de Bearer

### O que Controla se um Bearer é Cobrado?

Especificação 3GPP: TS 23.203, TS 29.212, TS 32.251

A cobrança de bearer é controlada por **Regras PCC** provisionadas pelo PCRF via a interface Gx. Veja [Interface Diâmetro Gx](#) para a documentação completa das regras PCC.

#### Fluxo de Decisão de Cobrança:

#### Regra PCC com Informações de Cobrança

##### Resposta do PCRF (CCA-I na Gx):

```

CCA (Interface Gx)
└─ Charging-Rule-Definition (Grouped)
    └─ Charging-Rule-Name: "prepaid_data_rule"
    └─ Rating-Group: 100
    └─ Online: 1 (habilitar cobrança online)
    └─ Offline: 0 (desabilitar cobrança offline)
    └─ Metering-Method: VOLUME (1)
    └─ Precedence: 100
    └─ Flow-Information: [...]
    └─ QoS-Information: [...]

```

##### Principais AVPs de Cobrança nas Regras PCC:

Nome do AVP	Código do AVP	Valores	Descrição
Rating-Group	432	Unsigned32	Categoria de cobrança (mapeia para tarifa no OCS)
Online	1009	0=Desabilitar, 1=Habilitar	Habilitar cobrança online (Gy)
Offline	1008	0=Desabilitar, 1=Habilitar	Habilitar cobrança offline (Gz)
Metering-Method	1007	0=Duração, 1=Volume, 2=Ambos	O que medir
Reporting-Level	1011	0=Serviço, 1=Grupo de Classificação	Granularidade dos relatórios de uso

##### Matriz de Decisão de Cobrança de Bearer

Online	Offline	Rating-Group	Comportamento
1	0	Presente	Cobrança online apenas (pré-pago)
0	1	Presente	Cobrança offline apenas (pós-pago)
1	1	Presente	Cobrança online e offline (convergente)
0	0	-	Sem cobrança (serviço gratuito)

##### Múltiplos Grupos de Classificação

Uma única conexão PDN pode ter **múltiplos bearers com diferentes grupos de classificação**:

##### Exemplo de Cenário:

```

Bearer Padrão (Internet)
└─ Rating-Group: 100 (Dados Padrão)
    └─ Online: 1

Bearer Dedicado 1 (Streaming de Vídeo)
└─ Rating-Group: 200 (Serviço de Vídeo)
    └─ Online: 1

Bearer Dedicado 2 (Voz IMS)
└─ Rating-Group: 300 (Voz)
    └─ Online: 1

```

##### Comportamento do PGW-C Gy:

- Único CCR-I com várias seções MSCC (Controle de Crédito para Múltiplos Serviços):

```

CCR-Initial
└─ Session-Id: "..."
    └─ Multiple-Services-Credit-Control
        └─ [Rating-Group: 100] → Dados Padrão
        └─ [Rating-Group: 200] → Serviço de Vídeo
        └─ [Rating-Group: 300] → Voz

```

##### Resposta do OCS:

```

CCA-Initial
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ [Rating-Group: 100] → Concedido: 10 MB
    └─ [Rating-Group: 200] → Concedido: 5 MB (vídeo mais caro)
    └─ [Rating-Group: 300] → Concedido: 60 segundos

```

##### Aplicação de Cobrança por Serviço

##### PGW-C rastreia a cota por Grupo de Classificação:

```

# Pseudocódigo
state.charging_quotas = {
    100 => %{granted: 10_000_000, used: 0, threshold: 8_000_000},
    200 => %{granted: 5_000_000, used: 0, threshold: 4_000_000},
    300 => %{granted: 60_000, used: 0, threshold: 48_000} # milissegundos
}

```

##### Monitoramento de Uso por Bearer:

## Controle de Crédito para Múltiplos Serviços

### AVP MSCC (Controle de Crédito para Múltiplos Serviços)

Propósito: Agrupar informações de cobrança para um serviço/grupo de classificação específico

#### Estrutura:

```

Multiple-Services-Credit-Control (Grouped, AVP 456)
└─ Service-Identifier (Unsigned32, AVP 439)
└─ Rating-Group (Unsigned32, AVP 432)
└─ Requested-Service-Unit (Grouped, AVP 437)
    └─ CC-Time (Unsigned32, AVP 420)
    └─ CC-Total-Octets (Unsigned64, AVP 421)
    └─ CC-Input-Octets (Unsigned64, AVP 412)
    └─ CC-Output-Octets (Unsigned64, AVP 414)

```

Used-Service-Unit (Grouped, AVP 446)
└ [Mesma estrutura que Requested-Service-Unit]
Granted-Service-Unit (Grouped, AVP 431)
└ [Mesma estrutura que Requested-Service-Unit]
Validity-Time (Unsigned32, AVP 448)
Result-Code (Unsigned32, AVP 268)
Final-Unit-Indication (Grouped, AVP 430)
└ Final-Unit-Action (Enumerated, AVP 449)

#### Service-Identifier vs. Rating-Group

Atributo	Service-Identifier	Rating-Group
Propósito	Identifica o tipo de serviço	Identifica a categoria de cobrança
Exemplo	1=Dados, 2=Voz, 3=SMS	100=Regular, 200=Premium
Granularidade	Classificação ampla	Tarifa específica
Requerido	Opcional	Requerido para cobrança
Mapeamento	Pode mapear para múltiplos RGs	Tarifa única no OCS

#### Exemplo:

Service-Identifier: 1 (Serviço de Dados)
└ Rating-Group: 100 (Dados Padrão - \$0.01/MB)
└ Rating-Group: 200 (Dados Premium - \$0.05/MB)
Service-Identifier: 2 (Voz)
└ Rating-Group: 300 (Chamadas de Voz - \$0.10/min)

## Configuração

### Configuração Básica do Gy

Edite config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    # Habilitar ou desabilitar cobrança online globalmente
    enabled: true,

    # Tempo limite de conexão com o OCS (milissegundos)
    timeout_ms: 3000,

    # Solicitação de cota padrão (bytes) se não especificado pelo PCRF
    default_requested_quota: 10_000_000, # 10 MB

    # Porcentagem de limite para re-autorização
    # (0.8 = acionar CCR-Update em 80% da cota consumida)
    quota_threshold_percentage: 0.8,

    # Ação quando ocorre timeout do OCS
    # Opções: :block, :allow
    timeout_action: :block,

    # Ação quando OCS retorna sem crédito
    # Opções: :terminate, :redirect
    no_credit_action: :terminate,

    # URL de redirecionamento para recarga (usada se no_credit_action: :redirect)
    topup_redirect_url: "http://topup.example.com"
  },
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omni-pgw.c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

  # Configuração do peer OCS
  peer_list: [
    # PCRF para controle de política (Gx)
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: true
    },
    # OCS para cobrança online (Gy)
    %{
      host: "ocs.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.40",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

### Parâmetros de Configuração Explicados

#### enabled

- true: Cobrança online ativa, mensagens CCR enviadas para OCS
- false: Cobrança online desativada, sem mensagens Gy

#### timeout\_ms

- Tempo a esperar pela resposta CCA do OCS
- Recomendado: 3000-5000 ms

#### default\_requested\_quota

- Cota padrão a solicitar se o PCRF não especificar
- Valores típicos: 1-100 MB

#### quota\_threshold\_percentage

- Acionar CCR-Update quando esta % da cota for consumida
- Recomendado: 0.75-0.85 (75%-85%)
- Maior = menos mensagens, mas risco de esgotamento de cota
- Menor = mais mensagens, mas mais seguro

#### timeout\_action

- :block - Bloquear tráfego se OCS não responder (mais seguro, previne perda de receita)
- :allow - Permitir tráfego se OCS não responder (melhor UX, risco de receita)

#### no\_credit\_action

- :terminate - Excluir bearer quando crédito se esgotar
- :redirect - Redirecionar para portal de recarga

### Configuração Específica para Ambiente

#### Produção (assinantes pré-pagos):

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true,
    timeout_action: :block,
    no_credit_action: :terminate,
    quota_threshold_percentage: 0.8
  }
```

#### Teste/Desenvolvimento:

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: false # Desativar para testes
  }
```

#### Híbrido (alguns pré-pagos, alguns pós-pagos):

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true, # Controlado por assinante pelo PCRF
    timeout_action: :allow, # Não bloquear pós-pagos em falha do OCS
    no_credit_action: :terminate
  }
```

### Fluxos de Mensagens

#### Sessão Bem-Sucedida com Cobrança Online

#### Re-autorização de Cota (CCR-Update)

#### Esgotamento de Crédito (Unidade Final)

#### Tratamento de Timeout do OCS

### Tratamento de Erros

#### Códigos de Resultado

##### Códigos de Sucesso:

Código	Nome	Ação
2001	DIAMETER_SUCCESS	Continuar com a cota concedida

##### Falhas Transitórias (4xxx):

Código	Nome	Ação do PGW-C
4010	DIAMETER_TOO_BUSY	Tentar novamente com backoff
4011	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	Registrar erro, pode tentar novamente
4012	DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED	Terminar ou redirecionar

##### Falhas Permanentes (5xx):

Código	Nome	Ação do PGW-C
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	Rejeitar sessão
5031	DIAMETER_USER_UNKNOWN	Rejeitar sessão (assinante inválido)

#### Códigos de Resultado por Serviço

Importante: O Result-Code pode aparecer em **dois níveis**:

1. Nível da mensagem - Resultado geral
2. Nível MSCC - Resultado por serviço

##### Exemplo:

```
CCA-Initial
└─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001) ← Nível da mensagem: OK
  └─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ [Rating-Group: 100]
      └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001) ← RG 100: OK
        └─ [Rating-Group: 200]
          └─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012) ← RG 200: Sem crédito
```

#### Comportamento do PGW-C:

- Permitir tráfego para o Rating-Group 100
- Bloquear tráfego para o Rating-Group 200

### Integração com Gx

A interface Gx (controle de política PCRF) determina se a cobrança online é necessária e fornece o Rating-Group que aciona a cobrança Gy. Veja [Interface Diâmetro Gx](#) para a documentação completa de controle de política.

#### Relação entre Gx e Gy

#### Fluxo de Integração

##### 1. Configuração do Bearer:

PGW-C recebe Solicitação de Criação de Sessão

  └─ Enviar CCR-I para PCRF (Gx)

  └─ Receber CCA-I com Regras PCC

  └─ Analisar Regras PCC:

- A regra tem Rating-Group?
- └─ É Online = 1?

  └─ Se SIM:

    Enviar CCR-I para OCS (Gy) com Rating-Group

    └─ Receber CCA-I com cota

    └─ Se cota concedida: Prosseguir

    └─ Se sem crédito: Rejeitar bearer

  └─ Se NÃO:

    Prosseguir sem cobrança online

##### 2. Atualização Dinâmica de Política (RAR do PCRF):

PCRF envia RAR (Re-Auth-Request) na Gx

  └─ Nova Regra PCC adicionada com Online=1, Rating-Group=200

  └─ PGW-C envia CCR-U para OCS (Gy)

- Adicionar MSCC para Rating-Group 200

  └─ OCS concede cota para novo serviço

  └─ Instalar bearer dedicado com cobrança online

### Solução de Problemas

#### Problemas Comuns

##### 1. Timeouts de CCR-Initial para OCS

##### Sintomas:

- Sessões falham com "timeout do OCS"
- Log: "CCR-Initial (Gy) timeout"

##### Causas Possíveis:

- OCS não acessível
- IP do OCS incorreto na configuração
- Firewall bloqueando a porta Diâmetro (3868)
- OCS sobrecarregado

##### Resolução:

```
# Testar conectividade de rede
ping <ocs_ip>
```

```
# Testar porta Diâmetro (TCP 3868)
telnet <ocs_ip> 3868

# Verificar configuração
# Garantir que o peer OCS esteja configurado na peer_list
```

## 2. Sessões Rejeitadas pelo OCS

### Sintomas:

- CCA-I com Result-Code != 2001
- Resposta de Criação de Sessão falha

### Códigos de Resultado Comuns:

Código de Resultado	Causa Provável	Resolução
4012	Limite de crédito alcançado	Assinante precisa recarregar
5003	Autorização rejeitada	Verificar permissões do assinante
5031	Usuário desconhecido	Provisionar assinante no OCS

### Passos de Depuração:

1. Verificar logs do OCS para razão da rejeição
2. Verificar saldo do assinante no OCS
3. Verificar IMSI/MSISDN no CCR-I corresponde ao registro do assinante

## 3. Esgotamento de Cota Não Detectado

### Sintomas:

- Usuário continua usando dados após saldo esgotado
- Nenhum CCR-Update enviado

### Causas Possíveis:

- URR (Regra de Relato de Uso) não instalada no PGW-U
- Limite não configurado corretamente
- Relatórios de Sessão PFCP não recebidos

### Passos de Depuração:

1. Verificar URR na Estabelecimento de Sessão PFCP:

```
Criar URR
└─ URR-ID: 1
└─ Measurement-Method: VOLUME
└─ Volume-Threshold: 8000000 (8 MB)
└─ Reporting-Triggers: VOLUME_THRESHOLD
```

2. Verificar logs do PGW-U para relatórios de uso

3. Verificar quota\_threshold\_percentage na configuração

## 4. Grupo de Classificação Incorreto

### Sintomas:

- OCS rejeita com "Grupo de Classificação Desconhecido"
- Sessões falham

### Causa:

- Grupo de Classificação no CCR-I não corresponde à configuração do OCS
- PCRF provisionou Grupo de Classificação inválido

### Resolução:

1. Verificar Grupo de Classificação na Regra PCC do PCRF
2. Verificar configuração do OCS para Grupos de Classificação válidos
3. Garantir mapeamento entre Regras PCC e tarifas do OCS

## Monitoramento

### Métricas Chave

```
# Taxas de mensagens Gy
rate(gy_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])
rate(gy_outbound_messages_total{message_type="ccr"}[5m])

# Taxa de erro Gy
rate(gy_inbound_errors_total[5m])

# Eventos de esgotamento de cota
rate(gy_quota_exhausted_total[5m])

# Taxa de timeout do OCS
rate(gy_timeout_total[5m])

# Duração do manuseio de mensagens Gy
histogram_quantile(0.95, rate(gy_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

### Alertas

```
# Alerta sobre alta taxa de erro Gy
- alert: GyErrorRateHigh
  expr: rate(gy_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta taxa de erro Gy detectada"

# Alerta sobre timeout do OCS
- alert: OcsTimeout
  expr: rate(gy_timeout_total[5m]) > 0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "Timeouts do OCS ocorrendo"

# Alerta sobre pico de esgotamento de crédito
- alert: CreditExhaustionSpike
  expr: rate(gy_quota_exhausted_total[5m]) > 10
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta taxa de esgotamento de crédito"
```

## Interface Web - Simulador de Controle de Crédito Gy

OmniPGW inclui um simulador Gy/Ro embutido para testar a funcionalidade de cobrança online sem exigir um OCS externo.

Acesso: [http://<omnipgw-ip>:<web-port>/gy\\_simulator](http://<omnipgw-ip>:<web-port>/gy_simulator)

**Propósito:** Testar e simular cenários de cobrança online para assinantes pré-pagos

#### Características:

##### 1. Parâmetros de Solicitação

- **IMSI** - Identidade do assinante (por exemplo, "310170123456789")
- **MSISDN** - Número de telefone (por exemplo, "14155551234")
- **Unidades Solicitadas** - Quantidade de cota a solicitar (em bytes)
- **ID do Serviço** - Identificador do tipo de serviço
- **Grupo de Classificação** - Categoria de cobrança

##### 2. Simulação CCR-I

- Enviar CCR-Initial (Solicitação de Controle de Crédito Inicial)
- Simula solicitação de cota inicial durante o estabelecimento da sessão
- Testa a integração com o OCS sem tráfego ao vivo

##### 3. Casos de Uso

- **Teste de Desenvolvimento** - Testar interface Gy durante o desenvolvimento
- **Integração com OCS** - Verificar conectividade e respostas do OCS
- **Teste de Cota** - Testar diferentes cenários de cota
- **Solução de Problemas** - Depurar problemas de cobrança
- **Demonstração** - Demonstrar cobrança online para partes interessadas

#### Como Usar:

1. Insira os detalhes do assinante (IMSI, MSISDN)
2. Defina as unidades solicitadas (por exemplo, 1000000 para 1 MB)
3. Configure o ID do Serviço e o Grupo de Classificação
4. Clique em "Enviar CCR-I"
5. Veja a resposta do OCS e a cota concedida

#### Benefícios:

- Sem necessidade de OCS externo durante os testes
- Validação rápida da lógica de cobrança
- Ambiente de teste seguro
- Útil para treinamentos e demonstrações

## Documentação Relacionada

### Cobrança e Política

- [Interface Diâmetro Gx](#) - Controle de política PCRF, regras PCC que acionam cobrança online
- [Formato de CDR de Dados](#) - Registros de cobrança offline para faturamento pós-pago
- [Guia de Configuração](#) - Parâmetros completos de configuração de cobrança online

### Gerenciamento de Sessões

- [Gerenciamento de Sessão](#) - Ciclo de vida da sessão PDN, gerenciamento de bearer
- [Interface PFCP](#) - Relato de uso do PGW-U via URRs
- [Interface S5/S8](#) - Configuração e desmontagem de bearer GTP-C

### Operações

- [Guia de Monitoramento](#) - Métricas Gy, rastreamento de cota, alertas de timeout do OCS
- [Alocação de IP da UE](#) - Configuração do pool de IP para sessões cobradas

[Voltar ao Guia de Operações](#)



# Guia de Monitoramento e Métricas do OmniPGW

**Integração com Prometheus e Monitoramento Operacional**

por Omnitouch Network Services

---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Endpoint de Métricas](#)
  3. [Métricas Disponíveis](#)
  4. [Configuração do Prometheus](#)
  5. [Painéis do Grafana](#)
  6. [Alertas](#)
  7. [Monitoramento de Desempenho](#)
  8. [Solução de Problemas com Métricas](#)
- 

## Visão Geral

OmniPGW fornece duas abordagens complementares de monitoramento:

**1. Interface Web em Tempo Real** (coberta brevemente aqui, detalhada nos respectivos documentos de interface)

- Visualizador de sessão ao vivo
- Status do par PFCP
- Conectividade do par Diameter
- Inspeção de sessão individual

**2. Métricas do Prometheus** (foco principal deste documento)

- Tendências históricas e análise
- Alertas e notificações
- Métricas de desempenho
- Planejamento de capacidade

Este documento foca nas **métricas do Prometheus**. Para detalhes da Interface Web, veja:

- [Gerenciamento de Sessões - Interface Web](#)
- [Interface PFCP - Interface Web](#)
- [Diameter Gx - Interface Web](#)

## Visão Geral das Métricas do Prometheus

OmniPGW expõe **métricas compatíveis com Prometheus** para monitoramento abrangente da saúde do sistema, desempenho e capacidade. Isso permite que as equipes de operações:

- **Monitorar a Saúde do Sistema** - Acompanhar sessões ativas, alocações e erros
- **Planejamento de Capacidade** - Compreender tendências de utilização de recursos
- **Análise de Desempenho** - Medir a latência de manuseio de mensagens
- **Alertas** - Notificação proativa de problemas
- **Depuração** - Identificar causas raízes de problemas

## Arquitetura de Monitoramento

---

# Endpoint de Métricas

## Configuração

Ative as métricas em config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "0.0.0.0", # Vincular a todas as interfaces
    port: 9090,           # Porta HTTP
    registry_poll_period_ms: 5_000 # Intervalo de polling
  }
```

## Acessando Métricas

### Endpoint HTTP:

```
http://<omnipgw_ip>:<port>/metrics
```

### Exemplo:

```
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

## Formato de Saída

As métricas são expostas no **formato de texto do Prometheus**:

```
# HELP teid_registry_count The number of TEID registered to sessions
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 150

# HELP address_registry_count The number of addresses registered to sessions
# TYPE address_registry_count gauge
address_registry_count 150

# HELP s5s8_inbound_messages_total The total number of messages received from S5/S8 peers
# TYPE s5s8_inbound_messages_total counter
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"} 1523
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"} 1487
```

---

## Métricas Disponíveis

OmniPGW expõe as seguintes categorias de métricas:

### Métricas de Sessão

#### Contagem de Sessões Ativas:

Nome da Métrica	Tipo	Descrição
teid_registry_count	Gauge	Sessões S5/S8 ativas (contagem de TEID)
seid_registry_count	Gauge	Sessões PFCP ativas (contagem de SEID)
session_id_registry_count	Gauge	Sessões Gx ativas (contagem de Diameter Session-ID)
address_registry_count	Gauge	Endereços IP de UE alocados
charging_id_registry_count	Gauge	IDs de cobrança ativos (veja <a href="#">Formato de CDR de Dados</a> para registros de cobrança CDR)

### Uso:

```
# Sessões ativas atuais
teid_registry_count
```

```

# Taxa de criação de sessão (por segundo)
rate(teid_registry_count[5m])

# Sessões máximas na última hora
max_over_time(teid_registry_count[1h])

```

## Contadores de Mensagens

### Mensagens S5/S8 (GTP-C):

Nome da Métrica	Tipo	Rótulos	Descrição
s5s8_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensagens S5/S8 recebidas
s5s8_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensagens S5/S8 enviadas
s5s8_inbound_errors_total	Counter	message_type	Erros de processamento S5/S8

### Tipos de Mensagens:

- create\_session\_request
- create\_session\_response
- delete\_session\_request
- delete\_session\_response
- create\_bearer\_request
- delete\_bearer\_request

### Mensagens Sxb (PFCP):

Nome da Métrica	Tipo	Rótulos	Descrição
sxb_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensagens PFCP recebidas
sxb_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensagens PFCP enviadas
sxb_inbound_errors_total	Counter	message_type	Erros de processamento PFCP

### Tipos de Mensagens:

- association\_setup\_request
- association\_setup\_response
- heartbeat\_request
- heartbeat\_response
- session\_establishment\_request
- session\_establishment\_response
- session\_modification\_request
- session\_deletion\_request

### Mensagens Gx (Diameter):

Nome da Métrica	Tipo	Rótulos	Descrição
gx_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensagens Diameter recebidas
gx_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensagens Diameter enviadas
gx_inbound_errors_total	Counter	message_type	Erros de processamento Diameter

### Tipos de Mensagens:

- cca (Credit-Control-Answer)
- ccr\_initial
- ccr\_termination

## Métricas de Latência

### Duração do Processamento de Mensagens:

Nome da Métrica	Tipo	Rótulos	Descrição
s5s8_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type	Tempo de manuseio de mensagens S5/S8
sxb_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type	Tempo de manuseio de mensagens

Nome da Métrica	Tipo	Rótulos	Descrição
gx_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type Diameter	PFCP Tempo de manuseio de mensagens

#### Buckets (microsegundos):

- Valores típicos: 100µs, 500µs, 1ms, 5ms, 10ms, 50ms, 100ms, 500ms, 1s, 5s

#### Uso:

```
# Latência S5/S8 95º percentil
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# Latência média PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m]) /
rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

## Métricas do Sistema

#### Métricas da VM Erlang:

Nome da Métrica	Tipo	Descrição
vm_memory_total	Gauge	Memória total da VM (bytes)
vm_memory_processes	Gauge	Memória usada por processos
vm_memory_system	Gauge	Memória usada pelo sistema
vm_system_process_count	Gauge	Total de processos Erlang
vm_system_port_count	Gauge	Total de portas abertas

## Configuração do Prometheus

#### Configuração de Scrape

Adicione o OmniPGW ao `prometheus.yml` do Prometheus:

```
# prometheus.yml
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s

scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets: ['10.0.0.20:9090']
        labels:
          instance: 'omnipgw-01'
          environment: 'production'
          site: 'datacenter-1'
```

#### Múltiplas Instâncias do OmniPGW

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets:
          - '10.0.0.20:9090'
          - '10.0.0.21:9090'
          - '10.0.0.22:9090'
        labels:
          environment: 'production'
```

## Descoberta de Serviço

### Kubernetes:

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    kubernetes_sd_configs:
      - role: pod
    relabel_configs:
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_label_app]
        action: keep
        regex: omnipgw
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_ip]
        target_label: __address__
        replacement: '${1}:9090'
```

## Verificação

### Teste de scrape:

```
# Verifique os alvos do Prometheus
curl http://prometheus:9090/api/v1/targets

# Consulte uma métrica
curl 'http://prometheus:9090/api/v1/query?query=teid_registry_count'
```

---

## Painéis do Grafana

### Configuração do Painel

#### 1. Adicione a Fonte de Dados do Prometheus:

Configuração → Fontes de Dados → Adicionar fonte de dados → Prometheus  
URL: http://prometheus:9090

#### 2. Importe o Painel:

Crie um novo painel ou importe de JSON.

### Painéis Principais

#### Painel 1: Sessões Ativas

```
# Consulta
teid_registry_count

# Tipo de Painel: Gauge
# Limiares:
#   Verde: < 5000
#   Amarelo: 5000-8000
#   Vermelho: > 8000
```

#### Painel 2: Taxa de Sessão

```
# Consulta
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

# Tipo de Painel: Gráfico
# Unidade: requisições/segundo
```

### Painel 3: Utilização do Pool de IP

```
# Consulta (para sub-rede /24 com 254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100

# Tipo de Painel: Gauge
# Unidade: percentual (0-100)
# Limiares:
#   Verde: < 70%
#   Amarelo: 70-85%
#   Vermelho: > 85%
```

### Painel 4: Latência de Mensagem (95º Percentil)

```
# Consulta
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])

# Tipo de Painel: Gráfico
# Unidade: milissegundos
```

### Painel 5: Taxa de Erros

```
# Consulta
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# Tipo de Painel: Gráfico
# Unidade: erros/segundo
# Limite de Alerta: > 0.1
```

### Painel 6: Status da Associação PFCP

```
# Consulta
pfcp_peer_associated

# Tipo de Painel: Estatística
# Mapeamentos:
#   1 = "UP" (Verde)
#   0 = "DOWN" (Vermelho)
```

### Exemplo Completo de Painel

```
{
  "dashboard": {
    "title": "OmniPGW - Painel de Operações",
    "panels": [
      {
        "title": "Sessões Ativas",
        "targets": [
          {
            "expr": "teid_registry_count",
            "legendFormat": "Sessões Ativas"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "Taxa de Criação de Sessão",
        "targets": [
          {
            "expr": "rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type=\"create_session_request\"}[5m])",
            "label": "Taxa de Criação de Sessão"
          }
        ],
        "type": "gauge"
      }
    ]
  }
}
```

```

        "legendFormat": "Sessões/segundo"
    },
    ],
    "type": "graph"
},
{
    "title": "Utilização do Pool de IP",
    "targets": [
        {
            "expr": "(address_registry_count / 254) * 100",
            "legendFormat": "Uso do Pool %"
        }
    ],
    "type": "gauge"
},
{
    "title": "Latência de Mensagem (p95)",
    "targets": [
        {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
            "legendFormat": "S5/S8 p95"
        },
        {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(sxb_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
            "legendFormat": "PFCP p95"
        }
    ],
    "type": "graph"
}
]
}
}

```

## Alertas

### Regras de Alerta

Crie `omnipgw_alerts.yml`:

```

groups:
- name: omnipgw
  interval: 30s
  rules:
    # Alertas de Contagem de Sessões
    - alert: OmniPGW_HighSessionCount
      expr: teid_registry_count > 8000
      for: 5m
      labels:
        severity: warning
      annotations:
        summary: "Contagem de sessões alta no OmniPGW"
        description: "{{ $value }} sessões ativas (limite: 8000)"

    - alert: OmniPGW_SessionCountCritical
      expr: teid_registry_count > 9500
      for: 2m
      labels:
        severity: critical
      annotations:
        summary: "Contagem de sessões crítica no OmniPGW"
        description: "{{ $value }} sessões ativas se aproximando da capacidade"

```

```

# Alertas de Pool de IP
- alert: OmniPGW_IPPoolUtilizationHigh
  expr: (address_registry_count / 254) * 100 > 80
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Utilização do pool de IP alta no OmniPGW"
    description: "Pool de IP {{ $value }}% utilizado"

- alert: OmniPGW_IPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Pool de IP esgotado no OmniPGW"
    description: "Nenhum IP disponível para alocação"

# Alertas de Taxa de Erros
- alert: OmniPGW_HighErrorRate
  expr: rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Taxa de erro alta no OmniPGW"
    description: "{{ $value }} erros/segundo na interface S5/S8"

- alert: OmniPGW_GxErrorRate
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.05
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Erros Gx no OmniPGW"
    description: "{{ $value }} erros Diameter/segundo"

# Alertas PFCP
- alert: OmniPGW_PFCPAssociationDown
  expr: pfcp_peer_associated == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Par PFCP {{ $labels.peer }} inativo"
    description: "Associação PFCP perdida"

- alert: OmniPGW_PFCPHeartbeatFailures
  expr: pfcp_consecutive_heartbeat_failures > 2
  for: 30s
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Falhas de heartbeat PFCP"
    description: "{{ $value }} falhas consecutivas para {{ $labels.peer }}"

# Alertas de Latência
- alert: OmniPGW_HighLatency
  expr: |
    histogram_quantile(0.95,
      rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
    ) > 100000
  for: 5m
  labels:

```

```

    severity: warning
  annotations:
    summary: "Latência de mensagem alta no OmniPGW"
    description: "Latência p95 {{ $value }}μs (> 100ms)"

# Alertas do Sistema
- alert: OmniPGW_HighMemoryUsage
  expr: vm_memory_total > 2000000000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Uso de memória alto no OmniPGW"
    description: "VM usando {{ $value | humanize }}B de memória"

- alert: OmniPGW_HighProcessCount
  expr: vm_system_process_count > 100000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Contagem de processos alta no OmniPGW"
    description: "{{ $value }} processos Erlang (vazamento potencial)"

```

## Configuração do AlertManager

```

# alertmanager.yml
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'ops-team'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 10s
  group_interval: 10s
  repeat_interval: 12h

  routes:
    - match:
        severity: critical
      receiver: 'pagerduty'

    - match:
        severity: warning
      receiver: 'slack'

receivers:
  - name: 'ops-team'
    email_configs:
      - to: 'ops@example.com'

  - name: 'slack'
    slack_configs:
      - api_url: 'https://hooks.slack.com/services/YOUR/SLACK/WEBHOOK'
        channel: '#omnipgw-alerts'
        title: 'Alerta OmniPGW: {{ .GroupLabels.alertname }}'
        text: '{{ range .Alerts }}{{ .Annotations.description }}{{ end }}'

  - name: 'pagerduty'
    pagerduty_configs:
      - service_key: 'YOUR_PAGERDUTY_KEY'

```

---

# Monitoramento de Desempenho

## Indicadores Chave de Desempenho (KPIs)

### Consultas de Throughput

#### Taxa de Configuração de Sessão:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])
```

#### Taxa de Destruição de Sessão:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])
```

#### Crescimento Líquido de Sessões:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m]) -  
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])
```

## Análise de Latência

### Latência de Processamento de Mensagens (Percentis):

```
# p50 (Mediana)  
histogram_quantile(0.50,  
    rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
)  
  
# p95  
histogram_quantile(0.95,  
    rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
)  
  
# p99  
histogram_quantile(0.99,  
    rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
)
```

### Divisão de Latência por Tipo de Mensagem:

```
histogram_quantile(0.95,  
    rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
) by (request_message_type)
```

## Tendência de Capacidade

### Tendência de Crescimento de Sessões (24h):

```
teid_registry_count -  
teid_registry_count offset 24h
```

### Capacidade Restante:

```
# Para capacidade máxima de 10.000 sessões  
10000 - teid_registry_count
```

### Tempo até o Esgotamento da Capacidade:

```
# Dias até a capacidade esgotada (com base na taxa de crescimento de 1h)  
(10000 - teid_registry_count) /  
(rate(teid_registry_count[1h]) * 86400)
```

---

# Solução de Problemas com Métricas

## Identificando Problemas

### Problema: Alta Taxa de Rejeição de Sessões

#### Consulta:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) by (message_type)
```

#### Ação:

- Verifique os logs de erro
- Verifique a conectividade do PCRF (erros Gx)
- Verifique o esgotamento do pool de IP

### Problema: Configuração de Sessão Lenta

#### Consulta:

```
histogram_quantile(0.95,  
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
```

#### Ação:

- Verifique a latência Gx (tempo de resposta do PCRF)
- Verifique a latência PFCP (tempo de resposta do PGW-U)
- Revise o uso de recursos do sistema

### Problema: Vazamento de Memória Suspeito

#### Consultas:

```
# Tendência de memória total  
rate(vm_memory_total[1h])  
  
# Tendência de memória do processo  
rate(vm_memory_processes[1h])  
  
# Tendência de contagem de processos  
rate(vm_system_process_count[1h])
```

#### Ação:

- Verifique se há sessões obsoletas
- Revise as contagens de registro
- Reinicie se o vazamento for confirmado

## Consultas de Depuração

### Encontre o Horário de Pico de Sessões:

```
max_over_time(teid_registry_count[24h])
```

### Compare Atual vs. Histórico:

```
teid_registry_count /  
avg_over_time(teid_registry_count[7d])
```

### Identifique Anomalias:

```
abs(
```

```
teid_registry_count -  
avg_over_time(teid_registry_count[1h])  
) > 100
```

---

## Melhores Práticas

### Coleta de Métricas

1. **Intervalo de Scrape:** 15-30 segundos (equilibrar granularidade vs. carga)
2. **Retenção:** 15+ dias para análise histórica
3. **Rótulos:** Use rotulagem consistente (instância, ambiente, site)

### Design do Painel

1. **Painel de Visão Geral** - KPIs de alto nível para NOC
2. **Painéis Detalhados** - Análise profunda por interface
3. **Painel de Solução de Problemas** - Métricas de erro e logs

### Design de Alertas

1. **Evitar Fadiga de Alertas** - Alertar apenas sobre problemas açãoáveis
  2. **Escalonamento** - Aviso → Crítico com aumento de severidade
  3. **Contexto** - Incluir links de runbook nas descrições de alertas
- 

## Documentação Relacionada

### Configuração e Configuração

- [Guia de Configuração](#) - Configuração de métricas do Prometheus, configuração da Interface Web
- [Guia de Solução de Problemas](#) - Usando métricas para depuração

### Métricas de Interface

- [Interface PFCP](#) - Métricas de sessão PFCP, monitoramento de saúde do UPF
- [Interface Diameter Gx](#) - Métricas de política Gx, rastreamento de interação do PCRF
- [Interface Diameter Gy](#) - Métricas de cobrança Gy, rastreamento de cotas, timeouts do OCS
- [Interface S5/S8](#) - Métricas de mensagens GTP-C, comunicação SGW-C

### Monitoramento Especializado

- [Monitoramento P-CSCF](#) - Métricas de descoberta do P-CSCF, saúde do IMS
  - [Gerenciamento de Sessões](#) - Sessões ativas, métricas do ciclo de vida da sessão
  - [Alocação de IP de UE](#) - Métricas de utilização do pool de IP
- 

### [Voltar ao Guia de Operações](#)



# Opções de Configuração de Protocolo (PCO)

## Parâmetros de Rede Enviados para o UE

*OmniPGW da Omnitouch Network Services*

---

## Visão Geral

**PCO (Opções de Configuração de Protocolo)** são parâmetros de rede enviados para o UE (dispositivo móvel) durante o estabelecimento da conexão PDN. Esses parâmetros permitem que o UE acesse serviços de rede como DNS, IMS e configure as configurações da rede.

### Elementos de Informação PCO:

Nome do IE	ID do Contêiner	Descrição	Necessário
Endereço IPv4 do Servidor DNS	0x000D	DNS Primário	Sim
Endereço IPv4 do Servidor DNS	0x000D	DNS Secundário	Opcional
Endereço IPv4 do P-CSCF	0x000C	P-CSCF para IMS	Opcional (IMS)
MTU do Link IPv4	0x0010	Unidade máxima de transmissão	Recomendado
Endereço IPv4 do Servidor NBNS	0x0011	Servidor de nome NetBIOS	Opcional

## Configuração

### Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  pco: %{
    # Servidores DNS (obrigatório)
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
```

```

# Servidores NBNS (opcional, para dispositivos Windows)
primary_nbns_server_address: nil,
secondary_nbns_server_address: nil,

# Endereços P-CSCF para IMS/VoLTE (opcional)
p_cscf_ipv4_address_list: [],

# Descoberta Dinâmica de P-CSCF (opcional)
p_cscf_discovery_enabled: false,
p_cscf_discovery_dns_server: nil,
p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

# Tamanho do MTU IPv4 (bytes)
ipv4_link_mtu_size: 1400
}

```

---

## Parâmetros PCO

### Endereços de Servidor DNS

#### DNS Primário e Secundário:

```

pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}

```

#### Provedores de DNS Comuns:

<b>Provedor</b>	<b>Primário</b>	<b>Secundário</b>
<b>Google</b>	8.8.8.8	8.8.4.4
<b>Cloudflare</b>	1.1.1.1	1.0.0.1
<b>Quad9</b>	9.9.9.9	149.112.112.112
<b>OpenDNS</b>	208.67.222.222	208.67.220.220

#### DNS Privado:

```

pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11"
}

```

### Endereços P-CSCF (IMS)

#### Para Serviços IMS/VoLTE:

```

pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: [
        "10.0.0.50", # P-CSCF Primário
        "10.0.0.51" # P-CSCF Secundário
    ]
}

```

## P-CSCF (Função de Controle de Sessão de Chamada Proxy):

- Ponto de entrada para sinalização IMS
- Necessário para VOLTE, VoWiFi, RCS
- UE usa SIP através deste servidor

## Descoberta Dinâmica de P-CSCF

### Descoberta P-CSCF Baseada em DNS:

OmniPGW suporta descoberta dinâmica de P-CSCF via consultas DNS conforme definido em 3GPP TS 23.003 e TS 24.229. Quando habilitado, o PGW-C pode consultar o DNS para endereços P-CSCF em vez de usar configuração estática.

```

pco: %{
    # Habilitar descoberta dinâmica de P-CSCF
    p_cscf_discovery_enabled: true,

    # Servidor DNS para consultas P-CSCF (como tupla)
    p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},

    # Timeout para consultas DNS (milissegundos)
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

    # Lista estática de P-CSCF (usada como fallback se o DNS falhar)
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]
}

```

### Como Funciona:

1. Quando `p_cscf_discovery_enabled: true`, o PGW-C realiza consultas DNS para endereços P-CSCF
2. A consulta DNS é enviada para o `p_cscf_discovery_dns_server` configurado
3. Se a consulta DNS for bem-sucedida, os endereços P-CSCF descobertos são enviados para o UE via PCO
4. Se a consulta DNS falhar ou expirar, volta para a lista estática `p_cscf_ipv4_address_list`
5. Veja [Monitoramento de P-CSCF](#) para monitoramento e métricas detalhadas

# Fluxo de Descoberta de P-CSCF

## Prioridade de Descoberta:

1. **Descoberta FQDN por Regra** (Maior Prioridade) - p\_cscf\_discovery\_fqdn na regra de seleção UPF
2. **Descoberta DNS Global** - p\_cscf\_discovery\_enabled: true na configuração global de PCO
3. **Lista Estática de PCO por Regra** - p\_cscf\_ipv4\_address\_list na substituição de PCO por regra
4. **Lista Estática de PCO Global** (Fallback) - p\_cscf\_ipv4\_address\_list na configuração global de PCO

## Monitoramento:

Todas as tentativas de descoberta de P-CSCF são registradas e acompanhadas com métricas:

- Taxas de sucesso/falha de consultas DNS
- Latência de descoberta
- Estatísticas de uso de fallback
- Métricas de descoberta por regra e global

Veja [Monitoramento de P-CSCE](#) para detalhes completos de monitoramento.

## Opções de Configuração:

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
p_cscf_discovery_enabled	Booleano	false	Habilitar descoberta dinâmica de P-CSCF baseada em DNS
p_cscf_discovery_dns_server	Tupla (IP)	nil	Endereço IP do servidor DNS como tupla 4 (por exemplo, {10, 179, 2, 177})
p_cscf_discovery_timeout_ms	Inteiro	5000	Timeout para consultas DNS em milissegundos

## Casos de Uso:

- **Implantações dinâmicas de IMS** - Endereços P-CSCF mudam com base na configuração DNS
- **Balanceamento de carga geográfica** - DNS retorna os servidores P-CSCF mais próximos
- **Alta disponibilidade** - DNS retorna automaticamente servidores P-CSCF disponíveis
- **Ambientes multi-inquilinos** - Diferentes assinantes recebem diferentes servidores P-CSCF

## Exemplo: IMS de Produção com Descoberta DNS

```

pco: %{
    primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
    secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",

    # Habilitar descoberta dinâmica de P-CSCF
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177}, # Servidor DNS IMS
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 3000,

    # Endereços P-CSCF de fallback (se o DNS falhar)
    p_cscf_ipv4_address_list: [
        "10.0.0.50", # Fallback primário
        "10.0.0.51" # Fallback secundário
    ],
    ipv4_link_mtu_size: 1400
}

```

### **Descoberta P-CSCF por Regra:**

A descoberta de P-CSCF também pode ser configurada por regra de seleção UPF. Isso permite que diferentes APNs usem diferentes servidores DNS para descoberta de P-CSCF:

```

# Na configuração de seleção upf
rules: [
    %{
        name: "Tráfego IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [...],

        # Descoberta P-CSCF por regra
        p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
    }
]

```

Veja [Configuração de Seleção UPF](#) para detalhes sobre descoberta de P-CSCF por regra.

**Veja também:** [Monitoramento de P-CSCE](#) para monitoramento da descoberta e saúde do P-CSCF

### **Servidores NBNS (NetBIOS)**

**Para Compatibilidade com Dispositivos Windows:**

```
pco: %{
    primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",
    secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21"
}
```

## Quando Usar:

- Redes empresariais com dispositivos Windows
- Suporte a aplicativos legados
- Resolução de nomes NetBIOS necessária

## Tamanho do MTU do Link

### Unidade Máxima de Transmissão:

```
pco: %{
    ipv4_link_mtu_size: 1400 # bytes
}
```

### Valores Comuns de MTU:

MTU	Caso de Uso
<b>1500</b>	Ethernet padrão (sem tunelamento)
<b>1400</b>	Sobrecarga de tunelamento GTP contabilizada
<b>1420</b>	Sobrecarga reduzida
<b>1280</b>	MTU mínima do IPv6
<b>1360</b>	Ambientes VPN/túnel

**Recomendação:** Use **1400** para LTE para contabilizar a sobrecarga do GTP-U.

---

## Exemplos de Configuração

### APN de Internet

```
pco: %{
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
    ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

### APN de IMS

```
pco: %{
    primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
    secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",
    p_cscf_ipv4_address_list: [
        "10.0.0.10"
    ]
}
```

```
        "10.0.0.50",
        "10.0.0.51"
    ],
    ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

**Veja:** [Monitoramento de P-CSCF](#) para monitoramento das taxas de sucesso de registro IMS e saúde do P-CSCF

## APN Empresarial

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.100.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.100.0.11",
  primary_nbns_server_address: "10.100.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.100.0.21",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

---

## PCO em Mensagens GTP-C

### Resposta de Criação de Sessão

OmniPGW inclui PCO na mensagem **Resposta de Criação de Sessão**:

```
Create Session Response
└─ Cause: Request accepted
└─ UE IP Address: 100.64.1.42
└─ PCO (Protocol Configuration Options)
    └─ DNS Server IPv4 Address: 8.8.8.8
    └─ DNS Server IPv4 Address: 8.8.4.4
    └─ P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.50
    └─ P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.51
    └─ IPv4 Link MTU: 1400
```

### Processamento do UE

O UE recebe PCO e:

1. Configura o resolvedor DNS com os servidores fornecidos
  2. Registra-se com o P-CSCF para serviços IMS
  3. Define o MTU da interface para o valor especificado
-

# Resolução de Problemas

## Problema: UE Não Consegue Resolver DNS

### Sintomas:

- UE tem endereço IP, mas não consegue acessar a internet
- Consultas DNS falham

### Possíveis Causas:

1. Endereços de servidor DNS incorretos na configuração do PCO
2. Servidores DNS não acessíveis a partir do pool de IP do UE
3. Firewall bloqueando o tráfego DNS

### Resolução:

```
# Testar acessibilidade do servidor DNS
ping 8.8.8.8

# Testar resolução DNS a partir da rede UE
nslookup google.com 8.8.8.8

# Verificar configuração do PCO
grep "primary_dns_server_address" config/runtime.exs
```

## Problema: Falha no Registro IMS

### Sintomas:

- Chamadas VoLTE falham
- UE mostra "Sem registro IMS"

### Possíveis Causas:

1. Configuração de P-CSCF ausente
2. Endereços IP do P-CSCF incorretos
3. P-CSCF não acessível

### Resolução:

```
# Verificar configuração do P-CSCF
pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"] # Garantir que não esteja
vazio
}
```

## **Problema: Problemas de MTU**

### **Sintomas:**

- Alguns sites carregam, outros não
- Transferências de arquivos grandes falham
- Problemas de fragmentação

### **Possíveis Causas:**

- MTU muito grande para a sobrecarga de tunelamento
- MTU muito pequeno causando fragmentação excessiva

### **Resolução:**

```
# Recomendado: 1400 para tunelamento GTP
pco: %{
    ipv4_link_mtu_size: 1400
}

# Se ainda tiver problemas, tente um valor menor
pco: %{
    ipv4_link_mtu_size: 1360
}
```

---

## **Melhores Práticas**

### **Configuração de DNS**

#### **1. Use Servidores DNS Confiáveis**

- Público: Google (8.8.8.8), Cloudflare (1.1.1.1)
- Privado: DNS interno para empresas

#### **2. Sempre Configure o Secundário**

- Fornece redundância
- Melhora a confiabilidade

#### **3. Considere a Segurança do DNS**

- Resolvedores compatíveis com DNSSEC
- Filtragem de DNS para segurança

# Configuração de IMS

## 1. Forneça Múltiplos P-CSCF

- Pelo menos 2 para redundância
- Distribuição geográfica, se possível

## 2. Garanta Acessibilidade

- O P-CSCF deve ser acessível a partir do pool de IP do UE
- Testar conectividade SIP

# Otimização de MTU

## 1. Contabilize a Sobrecarga

- GTP-U: 36 bytes (IPv4)
- IPsec: Variável (50-100 bytes)

## 2. MTU Padrão para LTE

- Recomendado: **1400 bytes**
- Equilibra throughput e compatibilidade

## 3. Teste de Ponto a Ponto

- Descoberta de MTU de caminho
  - Teste com pacotes grandes
- 

# Documentação Relacionada

## Guias de Configuração

- [\*\*Guia de Configuração\*\*](#) - Referência completa do runtime.exs, seleção de UPF com substituições de PCO
- [\*\*Alocação de IP do UE\*\*](#) - Gerenciamento de pool de IP, alocação baseada em APN
- [\*\*Monitoramento de P-CSCF\*\*](#) - Monitoramento da descoberta de P-CSCF, rastreamento de saúde, métricas

## Gerenciamento de Sessão e Interface

- [\*\*Gerenciamento de Sessão\*\*](#) - Ciclo de vida da sessão PDN, estabelecimento de bearer
- [\*\*Interface S5/S8\*\*](#) - Protocolo GTP-C, codificação e entrega de PCO
- [\*\*Interface PFCP\*\*](#) - Estabelecimento de sessão do plano do usuário

## **IMS e VoLTE**

- [\*\*Interface Diameter Gx\*\*](#) - Controle de política para bearers IMS
  - [\*\*Guia de Monitoramento\*\*](#) - Métricas e painéis relacionados ao PCO
- 

[\*\*Voltar ao Guia de Operações\*\*](#)

---

**Configuração PCO do OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*



## Descoberta e Monitoramento do P-CSCF

Descoberta Dinâmica do Servidor P-CSCF com Monitoramento em Tempo Real

OmniPGW da Omnitouch Network Services

### Visão Geral

Descoberta e Monitoramento do P-CSCF (Função de Controle de Sessão de Chamada Proxy) fornece descoberta dinâmica de servidores IMS P-CSCF usando consultas DNS SRV com verificação de saúde SIP OPTIONS em tempo real. Este recurso permite:

- **Descoberta do P-CSCF por Regra:** Diferentes servidores P-CSCF para diferentes tipos de tráfego
- **Monitoramento Automático:** Processo em segundo plano monitora continuamente a resolução DNS (a cada 60 segundos)
- **Verificações de Saúde SIP OPTIONS:** Verifica se os servidores P-CSCF estão ativos via pings SIP OPTIONS
  - **TCP Primeiro:** Tenta SIP OPTIONS via TCP (preferido por confiabilidade)
  - **Fallback UDP:** Caso de falha para UDP se o TCP falhar
  - **Rastreamento de Status:** Marca cada servidor como up ou down com base na resposta
- **Rastreamento de Saúde em Tempo Real:** A interface do Web exibe o status de resolução, IPs descobertos e status de saúde
- **Fallback Elegante:** Estratégia de fallback em três níveis para máxima confiabilidade
- **Métricas Prometheus:** Total observabilidade via métricas Prometheus

### Índice

1. Início Rápido
2. Configuração
3. Como Funciona
4. Monitoramento da Interface Web
5. Métricas de Observabilidade
6. Estratégia de Fallback
7. Configuração DNS
8. Solução de Problemas
9. Melhores Práticas

### Início Rápido

#### Configuração Básica

```
# config/runtime.exs

# Configuração global do PCO (servidor DNS para descoberta do P-CSCF)
config :ppw_c,
  pco: %{
    p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000
  },
  upf_selection: %{
    rules: [
      # Tráfego IMS - Descoberta dinâmica do P-CSCF
      %{
        name: "Tráfego IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [...],
        %>remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805, weight: 80
      },
      # FDN de Descoberta do P-CSCF (veja o Guia de Configuração para mais regras de seleção de UPF)
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      # Fallback estático (veja o Guia de Configuração do PCO)
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      }
    ]
  }
}
```

Veja o [Guia de Configuração](#) para configuração completa da regra de seleção de UPF e [Configuração do PCO](#) para opções de fallback estático do P-CSCF.

#### Monitoramento de Acesso

1. Inicie o OmniPGW
2. Navegue até **Interface Web → Monitor do P-CSCF** ([https://localhost:8086/pcscf\\_monitor](https://localhost:8086/pcscf_monitor))
3. Veja o status de resolução em tempo real e os IPs descobertos

### Configuração

#### Configurações Globais de Descoberta do P-CSCF

Configure o servidor DNS usado para a descoberta do P-CSCF na seção PCO:

```
pco: %{
  # Servidor DNS para descoberta do P-CSCF (separado do DNS dado ao UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # Ativar recurso de descoberta DNS do P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # Timeout para consultas DNS SRV (milissegundos)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # Endereços P-CSCF estáticos (fallback global)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

#### FQDNs do P-CSCF por Regra

Cada regra de seleção de UPF pode especificar seu próprio FQDN de descoberta do P-CSCF:

```
upf_selection: %{
  rules: [
    # Tráfego IMS - P-CSCF específico para IMS
    %{
      name: "Tráfego IMS",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Fallback
      }
    },
    # Empresa - P-CSCF específico para a empresa
    %{
      name: "Tráfego Empresarial",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^enterprise",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"] # Fallback
      }
    },
  ]
}
```

```

# Internet - Sem descoberta do P-CSCF (usa configuração global)
%{
  name: "Tráfego da Internet",
  match_field: :apn,
  match_regex: "internet",
  upf_pool: [...]
  # Sem p_cscf_discovery_fqdn - usa configuração global do PCO
}
}

```

## Como Funciona

### Processo de Inicialização

- Aplicação Inicia**
  - O GenServer do Monitor do P-CSCF é inicializado
  - O analisador de configuração extrai todos os FQDNs únicos do P-CSCF das regras de seleção de UPF

- Registro de FQDN**

- Cada FQDN único é registrado com o monitor
- O monitor realiza a consulta inicial DNS SRV para cada FQDN
- Verificação de Saúde SIP OPTIONS** (em paralelo para todos os servidores descobertos):
  - Tente TCP primeiro (SIP/2.0/TCP na porta 5060)
  - Se o TCP falhar, reverte para UDP (SIP/2.0/UDP na porta 5060)
  - Marca cada servidor como :up (responde) ou :down (sem resposta/timestamp)
- Resultados (IPs, status de saúde ou erros) são armazenados em cache com timestamps

- Monitoramento Periódico** (A cada 60 segundos)

- O monitor atualiza todos os FQDNs
- Consultas DNS são executadas em segundo plano sem bloquear
- Para cada servidor descoberto:
  - Envia SIP OPTIONS via TCP (timeout: 5 segundos)
  - Se o TCP falhar, use UDP (timeout: 5 segundos)
  - Atualiza o status da saída com base na resposta
- O cache é atualizado com os últimos resultados DNS e status de saúde

### Fluxo de Criação de Sessão

#### Processo de Consulta DNS

O monitor usa **registros DNS SRV** para descoberta direta do P-CSCF:

- Consulta SRV:** Consulta registros SRV em \_sip.\_tcp.{fqdn}
- Ordenação por Prioridade:** Ordena por prioridade e peso
- Extração de Destino:** Extrai nomes de host dos registros SRV
- Resolução de Nome de Host:** Resolve nomes de host de destino para endereços IP (registros A/AAAA)
- Cache:** Armazena IPs resolvidos com status e timestamp

#### Precedência na Seleção do Endereço do P-CSCF

Quando tanto o FQDN quanto o PCO estático estão configurados em uma regra, o FQDN tem precedência:

```

%{
  name: "Tráfego IMS",
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org", # ← Tentado PRIMEIRO
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"] # ← Fallback
  }
}

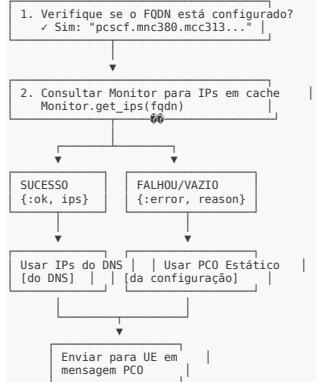
```

#### Lógica de Seleção:

Condição	Fonte do P-CSCF	IPs Usados	Mensagem de Log
FQDN resolve com sucesso	Descoberta DNS (Monitor)	IPs descobertos do DNS	"Usando endereços do P-CSCF do FQDN pcscf.example.com"
FQDN falha ao resolver	Sobrescrita do PCO da Re却ra	IPs estáticos da pco.p_cscf.ipv4_address_list	"Falha ao obter IPs do P-CSCF do FQDN..., revertendo para configuração estática"
FQDN retorna lista vazia	Sobrescrita do PCO da Re却ra	IPs estáticos da pco.p_cscf.ipv4_address_list	Fallback acionado
Monitor indisponível	Sobrescrita do PCO da Re却ra	IPs estáticos da pco.p_cscf.ipv4_address_list	Erro aciona fallback
Nenhum FQDN configurado	Sobrescrita do PCO da Re却ra ou Global IPs estáticos da regra ou configuração global	Usa configuração estática diretamente	

#### Fluxo de Exemplo:

Criação de Sessão para Re却ra de Tráfego IMS:



#### Cenários do Mundo Real:

##### Cenário 1: Descoberta DNS Funciona ☺

```
Config:
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]
```

Resultado DNS: [10.101.2.150, 10.101.2.151]  
UE Recebe: [10.101.2.150, 10.101.2.151] → Do DNS  
Nota: PCO estático é ignorado quando o DNS tem sucesso

##### Cenário 2: DNS Falha, Fallback Elegante ☠

```
Config:
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]
```

Resultado DNS: ERRO :no\_naptr\_records  
UE Recebe: [10.101.2.100] → Do PCO estático  
Nota: Sessão tem sucesso apesar da falha do DNS

##### Cenário 3: Nenhum FQDN Configurado

```
Config:
  # Nenhum p_cscf_discovery_fqdn
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
```

UE Recebe: [192.168.1.50] - Do PCO estático  
Nota: Descoberta DNS não foi tentada

#### Por que este design?

1. **Preferir Dinâmico:** DNS fornece flexibilidade, balanceamento de carga e roteamento cliente da localização
2. **Garantir Confiabilidade:** Fallback estático garante que as sessões nunca falhem devido a problemas de DNS
3. **Zero Intervenção Manual:** Failover automático sem envolvimento do operador
4. **Seguro para Produção:** O melhor dos dois mundos - agilidade com estabilidade

**Recomendação:** Sempre configure tanto o FQDN quanto o PCO estático para implantações em produção:

```
# ✓ RECOMENDADO: Dinâmico com fallback
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com", # Preferido
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Rede de segurança
  }
}

# △ ARRISCADO: Apenas dinâmico (reverte para PCO global)
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  # Sem fallback específico da regra!
}

# ✓ VÁLIDO: Apenas estático (sem sobrecarga de DNS)
%{
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
  }
}
```

## Monitoramento da Interface Web

### Página do Monitor do P-CSCF

Acesse a interface de monitoramento em: [https://localhost:8086/pcscf\\_monitor](https://localhost:8086/pcscf_monitor)

#### Recursos:

- **Estatísticas Gerais**
  - Total de FQDNs monitorados
  - FQDNs resolvidos com sucesso
  - Resoluções falhadas
  - Total de IPs do P-CSCF descobertos
- **Tabela de FQDN**
  - FQDN sendo monitorado
  - Status de resolução (✓ Resolvido / ✘ Falhou / ⚡ Pendente)
  - Número de IPs descobertos
  - Lista de endereços IP resolvidos (com detalhes do servidor expansível)
  - Timestamp da última atualização
  - Botão de atualização manual por FQDN
  - **Status de Saúde:** Cada servidor descoberto mostra:
    - Endereço IP e porta
    - Nome do host (do alvo DNS SRV)
    - Indicador de saúde em tempo real (✓ Ativo / ✘ Inativo)
- **Controles de Atualização**
  - Botão **Atualizar Tudo**: Aciona reconstrução imediata de todos os FQDNs
  - **Atualização por FQDN**: Atualiza FQDNs individuais sob demanda
  - Atualização automática: Página atualiza a cada 5 segundos
- **Painel de Métricas de Monitoramento**
  - **Total de FQDNs:** Número de FQDNs únicos registrados para monitoramento
  - **Resolvidos com Sucesso:** FQDNs que foram resolvidos com sucesso via DNS
  - **Resoluções DNS Falhadas:** FQDNs que falharam ao resolver
  - **Total de Servidores P-CSCF:** Total de servidores descobertos em todos os FQDNs
  - **✓ Saudáveis (SIP OPTIONS ATIVOS):** Servidores respondendo a verificações de saúde SIP OPTIONS
  - **✗ Não Saudáveis (SIP OPTIONS INATIVOS):** Servidores não respondendo a SIP OPTIONS
  - **Taxa de Sucesso do DNS:** Porcentagem de resoluções DNS bem-sucedidas
  - **Intervalo de Verificação de Saúde:** Frequência das verificações de saúde SIP OPTIONS (60s, timeout de 5s)

The screenshot shows the PGW-C v0.1.0 web interface with the following details:

- Resources:** Configuration, Topology, UE Search, PGW Sessions, Session History, IP Pools, Diameter, PFPC Sessions, UPF Status, UPF Selection.
- P-CSCF Monitor:** Sub-section of the Configuration menu.
- P-CSCF Discovery Monitor:** Main page title.
- Last updated:** 00:41:56.
- Status:** 1 Resolved, 0 Failed, 1 / 2 Healthy.
- Actions:** Refresh All.
- FQDN RESOLVED ADDRESSES:** Table showing 1 row for pcscf.mnc.████████.3gppnetwork.org with status 'Resolved' and last update '0s ago'. Actions: 2, Refresh.
- Resolved P-CSCF Servers (2):** Table showing 2 rows:
  - 10.179.4.165:5060 (Hostname: omni████████.pcscf01.mnc.████████.3gppnetwork.org) - Status: ✓ Up
  - 10.179.4.166:5060 (Hostname: omni████████.pcscf02.mnc.████████.3gppnetwork.org) - Status: ✘ Down
- Monitoring Metrics:** Summary table:

Total FQDNs	1	Successfully Resolved	1	Failed DNS Resolutions	0	Total P-CSCF Servers	2	✓ Healthy (SIP OPTIONS UP)	1	✗ Unhealthy (SIP OPTIONS DOWN)	1	DNS Success Rate	100.0%
-------------	---	-----------------------	---	------------------------	---	----------------------	---	----------------------------	---	--------------------------------	---	------------------	--------
- Health Check Interval:** 60s (5s timeout).

O painel de métricas fornece visibilidade em tempo real tanto sobre a saúde da resolução DNS quanto sobre a disponibilidade do servidor P-CSCF via SIP OPTIONS.

### Integração da Página de Seleção de UPF

A página de Seleção de UPF (/upf\_selection) exibe o status de descoberta do P-CSCF para cada regra:

✗ Tráfego IMS (Prioridade 20)  
Correspondência: APN correspondente a ^ims

```

Pool: UPF-IMS-Primário (10.100.2.21:8805)
◊ Descoberta do P-CSCF
  FQDN: pscsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
  Status: ✓ Resolvido (2 IPs)
  IPs Resolvidos: 10.101.2.100, 10.101.2.101

◊ Sobrescritas do PCO
  DNS Primário: 10.103.2.195
  P-CSRF (fallback estático): 10.101.2.100, 10.101.2.101

```

## Métricas e Observabilidade

### Métricas Prometheus

O sistema de monitoramento do P-CSCF expõe métricas via Prometheus (porta 42069 por padrão):

#### Métricas Gauge

```

# Métricas em nível de FQDN
pscf_fdns_total           # Total de FQDNs monitorados
pscf_fdns_resolved         # FQDNs resolvidos com sucesso (DNS teve sucesso)
pscf_fdns_failed           # Resoluções de FQDN falhas (DNS falhou)

# Métricas em nível de servidor (agregado)
pscf_servers_total          # Total de servidores P-CSCF descobertos via DNS SRV
pscf_servers_healthy         # Servidores respondendo a SIP OPTIONS (agregado)
pscf_servers_unhealthy       # Servidores não respondendo a SIP OPTIONS (agregado)

# Métricas em nível de servidor (por FQDN com rótulo)
pscf_servers_healthy(fqdn=".") # Servidores saudáveis para FQDN específico
pscf_servers_unhealthy(fqdn=".") # Servidores não saudáveis para FQDN específico

```

#### Detalhes da Verificação de Saúde:

- healthy: Servidor respondeu ao ping SIP OPTIONS (TCP ou UDP)
- unhealthy: Servidor não respondeu ao SIP OPTIONS (timeout de 5s por transporte)

### Exemplos de Métricas

#### Métricas de Resolução DNS:

```

# Consultar FQDNs resolvidos com sucesso
pscf_fdns_resolved

# Calcular taxa de sucesso do DNS
(pspcf_fdns_resolved / pscsf_fdns_total) * 100

```

```
# Total de servidores descobertos
pscf_servers_total
```

#### Métricas de Saúde SIP OPTIONS:

```

# Total de servidores saudáveis em todos os FQDNs
pscf_servers_healthy

# Total de servidores não saudáveis
pscf_servers_unhealthy

# Calcular taxa de sucesso da verificação de saúde
(pspcf_servers_healthy / pscsf_servers_total) * 100

# Servidores saudáveis para um FQDN específico
pscf_servers_healthy(fqdn="pscfc.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org")

# Alerta quando todos os servidores estão inativos
pscf_servers_healthy == 0 AND pscsf_servers_total > 0

```

#### Exemplos de Alertas do Prometheus:

```

# Alerta quando todos os servidores P-CSCF estão inativos
- alert: AllPCSCFServersDown
  expr: pscsf_servers_healthy == 0 AND pscsf_servers_total > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Todos os servidores P-CSCF estão não saudáveis"
    description: "{{ $value }} servidores saudáveis (0) - todos falharam nas verificações SIP OPTIONS"

# Alerta quando mais de 50% dos servidores estão inativos
- alert: MajorityPCSCFServersDown
  expr: (pspcf_servers_healthy / pscsf_servers_total) < 0.5
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Maioria dos servidores P-CSCF estão não saudáveis"
    description: "Apenas {{ $value }}% dos servidores estão respondendo a SIP OPTIONS"

# Alerta sobre falhas de resolução DNS
- alert: PCSCFDNSResolutionFailed
  expr: pscsf_fdns_failed > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Falhas de resolução DNS do P-CSCF"
    description: "{{ $value }} FQDN(s) falhando ao resolver"

```

### Registro

O monitor registra eventos-chave:

```

[info] Monitor do P-CSCF iniciado
[info] Registrando 2 FQDNs únicos do P-CSCF para monitoramento: ["pscfc.ims.example.com", "pscfc.enterprise.example.com"]
[info] Monitor do P-CSCF: Registrando FQDN pscfc.ims.example.com
[debug] Monitor do P-CSCF: Resolvido com sucesso pscfc.ims.example.com para 2 IPs
[warning] Monitor do P-CSCF: Falha ao resolver pscfc.enterprise.example.com: :inxdomain
[debug] Usando endereços do P-CSCF do FQDN pscfc.ims.example.com: {10, 101, 2, 100}, {10, 101, 2, 101}

```

## Estratégia de Fallback

O sistema utiliza uma **estratégia de fallback em três níveis** para máxima confiabilidade:

### Nível 1: Descoberta DNS (Preferido)

```
p_cscf_discovery_fqdn: "pscfc.ims.example.com"
```

- O monitor consulta o DNS e armazena em cache os IPs resolvidos
- A sessão usa os IPs em cache se disponíveis
- **Vantagem:** Dinâmico, balanceado, cliente da localização

### Nível 2: PCO Estático Específico da Re却a (Fallback)

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
}
```

- Usado se a descoberta DNS falhar ou retornar nenhum IP
- Configuração estática específica da re却a
- **Vantagem:** Fallback específico da re却a, previsível

### Nível 3: Configuração Global do PCO (Último Recurso)

```
# Configuração global do pco
pco: {
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}

• Usado se nenhuma configuração específica da regra e DNS falhar
• Endereços P-CSCF padrão global
• Vantagem: Sempre disponível, previne falha de sessão
```

#### Exemplo de Lógica de Fallback

A sessão corresponde à regra "Tráfego IMS":

1. Tentar descoberta DNS para "pcscf.ims.example.com"
  - └ Sucesso → Usar [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
  - └ Falha → Tentar próximo nível
2. Tentar sobreescrita do PCO da regra
  - └ Configurado → Usar [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
  - └ Não configurado → Tentar próximo nível
3. Usar configuração global do PCO
  - └ Usar [10.101.2.146] ✓ (Sempre tem sucesso)

## Configuração DNS

### Configuração do Servidor DNS

Configure o servidor DNS com registros SRV e A/AAAA para descoberta do P-CSCF:

```
; Registros SRV para P-CSCF (prefixo _sip._tcp é consultado automaticamente)
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 10 50 5060 pcscf1.example.com.
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 20 50 5060 pcscf2.example.com.

; Registros A
pcscf1.example.com. IN A 10.101.2.100
pcscf2.example.com. IN A 10.101.2.101
```

**Importante:** O OmniPCoF automaticamente adiciona \_sip.\_tcp. ao FQDN configurado. Se você configurar p\_cscf\_discovery\_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org", o sistema consultará \_sip.\_tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org.

### Formato do Registro SRV

Os registros SRV seguem este formato:

```
_serviço._proto.dominio. IN SRV prioridade peso porta alvo.
```

- **Prioridade:** Valores mais baixos têm maior prioridade (10 antes de 20)
- **Peso:** Para平衡amento de carga entre a mesma prioridade (maior = mais tráfego)
- **Porta:** Porta SIP (típicamente 5060 para TCP, 5060 para UDP)
- **Alvo:** Nome do host a ser resolvido para o endereço IP

### Testando a Configuração DNS

```
# Consultar registros SRV (note o prefixo _sip._tcp)
dig SRV _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177

# Saída esperada:
# _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. 300 IN SRV 10 50 5060 pcscf1.example.com.

# Resolver nome do P-CSCF para IP
dig A pcscf1.example.com @10.179.2.177

# Saída esperada:
# pcscf1.example.com. 300 IN A 10.101.2.100
```

## Solução de Problemas

### Problema: FQDN Mostra Status "Falhou"

#### Sintomas:

- A interface da Web mostra status ✘ Falhou
- Erro: :nxdomain, :timeout, ou :no\_naptr\_records

#### Possíveis Causas:

1. Servidor DNS não acessível
2. FQDN não existe no DNS
3. Nenhum registro NAPTR configurado
4. Timeout do servidor DNS

#### Resolução:

```
# 1. Testar conectividade do servidor DNS
ping 10.179.2.177

# 2. Testar consulta NAPTR manualmente
dig NAPTR pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177

# 3. Verificar logs do OmniPCoF
grep "P-CSCF" /var/log/pgw_c.log

# 4. Verificar configuração
grep "p_cscf_discovery_dns_server" config/runtime.exe

# 5. Atualização manual na interface da web
# Clique no botão "Atualizar" ao lado do FQDN falhado
```

### Problema: Nenhum IP Retornado

#### Sintomas:

- A interface da Web mostra "0 IPs"
- O status pode ser ✓ Resolvido ou ✘ Falhou

#### Possíveis Causas:

1. Registros NAPTR existem, mas FQDNs de substituição não resolvem
2. Campo de serviço não corresponde ao padrão IMS/SIP
3. Registros A/AAAA ausentes

#### Resolução:

```
# Verificar campo de serviço do registro NAPTR
dig NAPTR pcscf.example.com @10.179.2.177

# Garantir que o serviço contenha "SIP" ou "IMS":
# CORRETO: "SIP+D2U"; "x-3gpp-ims:sip"
# ERROU: "HTTP", "FTP"

# Verificar se os registros A/AAAA existem
dig pcscf1.example.com A @10.179.2.177
```

### Problema: Sessões Usam P-CSCF Errado

#### Sintomas:

- UE recebe endereços P-CSCF inesperados
- Fallback estático usado em vez de IPs descobertos

**Possíveis Causas:**

- 1. A descoberta DNS falhou, mas o fallback está funcionando
- 2. Correspondência de regra incorreta
- 3. FQDN não registrado

**Resolução:**

```
# 1. Verificar página do Monitor do P-CSCF
# Verifique se o FQDN está registrado e resolvido

# 2. Verificar logs da sessão
grep "Usando endereços do P-CSCF do FQDN" /var/log/pgw_c.log

# 3. Verificar página de Seleção de UPF
# Verifique se a regra mostra o FQDN correto e o status

# 4. Testar correspondência de regra
# Criar sessão com APN específico e verificar qual regra corresponde
```

**Problema: Alta Latência de Consulta DNS****Sintomas:**

- Criação de sessão lenta
- Métricas mostram alta pccf\_discovery\_query\_duration\_seconds

**Possíveis Causas:**

- 1. Problemas de desempenho do servidor DNS
- 2. Latência de rede para o servidor DNS
- 3. Timeout muito alto

**Resolução:**

```
# Reduzir timeout de consulta
pco: %{
    p_ccsf_discovery_timeout_ms: 2000 # Reduzir de 5000ms
}

# Considere usar um servidor DNS mais próximo
pco: %{
    p_ccsf_discovery_dns_server: "10.0.0.10" # DNS local
}
```

**Melhores Práticas****1. Seleção do Servidor DNS****Use Servidor DNS Dedicado**

```
pco: %{
    # DNS dedicado para descoberta do P-CSCF (não o mesmo que o DNS do UE)
    p_ccsf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

    # Servidores DNS do UE (dados aos dispositivos móveis)
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

**Por quê?**

- Separar preocupações: DNS do UE vs. DNS interno do IMS
- Diferentes políticas de acesso e segurança
- Escalabilidade e confiabilidade independentes

**2. Sempre Configure Fallback Estático**

```
%{
    p_ccsf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com", # Preferido
    pco: %{
        p_ccsf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Fallback necessário
    }
}
```

**Por quê?**

- Garante que as sessões tenham sucesso mesmo se o DNS falhar
- Degradiação elegante
- Atende aos requisitos de SLA

**3. Use FQDNs Específicos por Tipo de Tráfego**

```
rules: [
    # IMS
    %{
        name: "IMS",
        match_regex: "^ims",
        p_ccsf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
    },
    # Empresa
    %{
        name: "Empresa",
        match_regex: "enterprise",
        p_ccsf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com"
    }
]
```

**Por quê?**

- Diferentes pools de P-CSCF por serviço
- Melhor distribuição de carga
- Roteamento específico para o serviço

**4. Monitore o Desempenho da Consulta DNS**

```
# Alerta sobre alta latência de consulta P-CSCF
alert: HighPCSCFQueryLatency
expr: histogram_quantile(0.95, pccf_discovery_query_duration_seconds_bucket) > 2
for: 5m
labels:
    severity: warning
annotations:
    summary: "Consultas DNS do P-CSCF estão lentas (p95 > 2s)"
```

**5. Verificações Regulares de Saúde do DNS**

- Interface Web: Verifique a página do Monitor do P-CSCF diariamente
- Métricas: Monitore a métrica pccf\_monitor\_fqdns\_failed
- Logs: Fique atento a erros de DNS
- Teste: Verifique periodicamente se os registros DNS existem

**6. Configure Timeout Apropriado**

```
# Produção: Equilíbrio confiabilidade vs. latência
pco: %{
    p_ccsf_discovery_timeout_ms: 5000 # 5 segundos
}

# Alto desempenho: Prefira velocidade, confie no fallback
pco: %{
    p_ccsf_discovery_timeout_ms: 2000 # 2 segundos
}
```

## 7. Use Redundância DNS

Configure DNS primário e secundário:

```
# DNS Primário do P-CSCF  
pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 10 50 "s" "SIP+D2U" "" _sip._udp.pcscf1.example.com.  
# DNS Secundário do P-CSCF  
pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 20 50 "s" "SIP+D2U" "" _sip._udp.pcscf2.example.com.
```

---

### Documentação Relacionada

- [Configuração do PCO](#) - Opções de Configuração de Protocolo, configurações de DNS e P-CSCF
- [Guia de Configuração](#) - Referência completa de configuração do OmniPGW
- [Monitoramento](#) - Métricas, registro e observabilidade
- [Gerenciamento de Sessão](#) - Ciclo de vida da sessão e entrega do PCO
- [Interface PCP](#) - Comunicação da Função de Plano de Usuário

---

[Voltar à Documentação Principal](#)

---

**Monitoramento do P-CSCF do OmniPGW** - por Omnitouch Network Services



# Documentação da Interface PFCP/Sxb

**Protocolo de Controle de Encaminhamento de Pacotes** - Comunicação entre PGW-C e PGW-U

---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Fundamentos do Protocolo](#)
  3. [Gerenciamento de Associação PFCP](#)
  4. [Gerenciamento de Sessão PFCP](#)
  5. [Regras de Processamento de Pacotes](#)
  6. [Configuração](#)
  7. [Seleção de UPF Baseada em DNS](#)
  8. [Fluxos de Mensagens](#)
  9. [Solução de Problemas](#)
  10. [Interface Web - Monitoramento PFCP](#)
  11. [Documentação Relacionada](#)
- 

## Visão Geral

A **interface Sxb** utiliza o **PFCP (Protocolo de Controle de Encaminhamento de Pacotes)** para comunicação entre o PGW-C (plano de controle) e o PGW-U (plano de usuário). Essa separação permite:

- **Plano de Controle (PGW-C)** - Gerencia sinalização, gerenciamento de sessão, decisões de política
- **Plano de Usuário (PGW-U)** - Gerencia o encaminhamento real de pacotes em alta velocidade

## Arquitetura PFCP

---

## Fundamentos do Protocolo

### Versão PFCP

O PGW-C implementa a **Versão PFCP 1** (3GPP TS 29.244).

### Transporte

- **Protocolo:** UDP
- **Porta Padrão:** 8805
- **Formato da Mensagem:** Codificado em binário usando a especificação PFCP

## Tipos de ID de Nó

Os pares PFCP são identificados pelo ID do Nó, que pode ser:

- **Endereço IPv4** - Mais comum
  - **Endereço IPv6**
  - **FQDN** (Nome de Domínio Totalmente Qualificado)
- 

## Gerenciamento de Associação PFCP

Antes que o gerenciamento de sessão possa ocorrer, uma **associação** PFCP deve ser estabelecida entre o PGW-C e o PGW-U.

### Fluxo de Configuração da Associação

#### Gerenciamento de Estado do Par

Cada par PFCP mantém estado:

Campo	Descrição
is_associated	Booleano indicando o status da associação
remote_node_id	ID do Nó do par (IP ou FQDN)
remote_ip_address	Endereço IP para comunicação
remote_port	Porta UDP (padrão 8805)
heartbeat_period_ms	Intervalo de batimento em milissegundos
missed_heartbeats_consecutive	Contagem de batimentos perdidos
up_function_features	Recursos do plano de usuário suportados
up_recovery_time_stamp	Carimbo de tempo de recuperação do par

#### Mecanismo de Batimento

**Propósito:** Detectar falhas de pares e manter a vivacidade da associação

#### Configuração:

```
# Em config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
# Todos os UPFs são registrados automaticamente com batimentos de 5 segundos
```

#### Detecção de Falhas:

- Cada batimento perdido incrementa `missed_heartbeats_consecutive`
  - Geralmente configurado para falhar após 3 perdas consecutivas
  - Associação falhada impede novas sessões para aquele par
-

# **Gerenciamento de Sessão PFCP**

As sessões PFCP são criadas para cada conexão PDN de UE para programar regras de encaminhamento no plano de usuário.

## **Ciclo de Vida da Sessão**

### **Estabelecimento de Sessão**

**Quando:** UE se conecta e cria uma conexão PDN

**PGW-C envia para PGW-U:**

**Solicitação de Estabelecimento de Sessão** contendo:

- **SEID** (ID de Ponto de Sessão) - Identificador único da sessão
- **ID do Nô** - ID do Nô do PGW-C
- **F-SEID** - SEID Totalmente Qualificado (inclui IP + SEID)
- **PDRs** - Regras de Detecção de Pacotes (tipicamente 2: uplink + downlink)
- **FARs** - Regras de Ação de Encaminhamento (tipicamente 2: uplink + downlink)
- **QERs** - Regras de Aplicação de QoS (limites de bitrate)
- **BAR** - Regra de Ação de Buffering (para buffering de downlink)

**PGW-U responde:**

**Resposta de Estabelecimento de Sessão** contendo:

- **Causa** - Razão de sucesso ou falha
- **F-SEID** - Ponto de sessão do PGW-U
- **PDRs Criados** - Reconhecimento das regras criadas
- **F-TEID** - TEID Totalmente Qualificado para a interface S5/S8

### **Modificação de Sessão**

**Quando:** Mudanças de QoS, atualizações de política ou modificações de bearer ocorrem

**A modificação pode incluir:**

- Adicionar novos PDRs, FARs, QERs
- Remover regras existentes
- Atualizar parâmetros de regra

### **Exclusão de Sessão**

**Quando:** UE se desconecta ou a conexão PDN é encerrada

**Processo:**

1. PGW-C envia Solicitação de Exclusão de Sessão com SEID
  2. PGW-U remove todas as regras e libera recursos
  3. PGW-U responde com Resposta de Exclusão de Sessão
-

# Regras de Processamento de Pacotes

O PFCP utiliza um conjunto de regras para definir como o plano de usuário processa pacotes.

## Arquitetura da Regra

### PDR (Regra de Detecção de Pacote)

**Propósito:** Identificar quais pacotes esta regra se aplica

**Configuração Típica do PGW-C:**

#### PDR #1 - Downlink:

```
PDR ID: 1  
Precedência: 100  
PDI (Informações de Detecção de Pacote):  
  - Interface de Origem: CORE (lado da Internet)  
  - Endereço IP do UE: 100.64.1.42/32  
FAR ID: 1 (regra de encaminhamento associada)
```

#### PDR #2 - Uplink:

```
PDR ID: 2  
Precedência: 100  
PDI (Informações de Detecção de Pacote):  
  - Interface de Origem: ACCESS (lado do SGW)  
  - F-TEID: <ponto final do túnel S5/S8>  
FAR ID: 2 (regra de encaminhamento associada)  
QER ID: 1 (aplicação de QoS)
```

## Campos Chave do PDR:

- **PDR ID** - Identificador único da regra (por sessão)
- **Precedência** - Prioridade de correspondência da regra (mais alto = mais específico)
- **PDI** - Critérios de correspondência (interface, IP, TEID, etc.)
- **Remoção do Cabeçalho Externo** - Remover cabeçalho GTP-U na entrada
- **FAR ID** - Ação de encaminhamento associada
- **QER ID** - Aplicação de QoS associada (opcional)

### FAR (Regra de Ação de Encaminhamento)

**Propósito:** Definir o que fazer com pacotes correspondentes

#### FAR #1 - Downlink (Internet → UE):

```
FAR ID: 1  
Ação Aplicada: ENCAMINHAR  
Parâmetros de Encaminhamento:  
  - Interface de Destino: ACCESS (para SGW)  
  - Criação de Cabeçalho Externo: GTP-U/UDP/IPv4  
  - F-TEID Remoto: <ponto final do túnel SGW S5/S8>
```

#### FAR #2 - Uplink (UE → Internet):

```
FAR ID: 2
```

Ação Aplicada: ENCAMINHAR

Parâmetros de Encaminhamento:

- Interface de Destino: CORE (para Internet)
- (Sem cabeçalho externo - encaminhamento IP simples)

### Campos Chave do FAR:

- **FAR ID** - Identificador único da regra
- **Ação Aplicada** - ENCAMINHAR, DESCARTAR, BUFFER, NOTIFICAR
- **Parâmetros de Encaminhamento:**
  - Interface de destino (ACCESS/CORE)
  - Criação de Cabeçalho Externo (adicionar túnel GTP-U)
  - Instância de Rede (VRF/tabela de roteamento)

### QER (Regra de Aplicação de QoS)

**Propósito:** Aplicar limites de bitrate e parâmetros de QoS. QERs também podem rastrear uso para gerenciamento de cota de cobrança online (veja [Interface Diameter Gy](#) para controle de crédito).

### Exemplo de QER:

QER ID: 1

Status do Portão: ABERTO

Bitrate Máximo:

- Uplink: 100 Mbps
- Downlink: 50 Mbps

Bitrate Garantido: (opcional, para bearers GBR)

- Uplink: 10 Mbps
- Downlink: 10 Mbps

### Campos Chave do QER:

- **QER ID** - Identificador único da regra
- **Status do Portão** - ABERTO (permitir) ou FECHADO (bloquear)
- **MBR** - Bitrate Máximo (uplink/downlink)
- **GBR** - Bitrate Garantido (para bearers dedicados)
- **QCI** - Identificador de Classe de QoS (afeta o agendamento)

### BAR (Regra de Ação de Buffering)

**Propósito:** Controlar o buffering de pacotes de downlink quando o UE está ocioso

### Exemplo de BAR:

BAR ID: 1

Atraso na Notificação de Dados de Downlink: 100ms

Contagem Sugerida de Pacotes em Buffer: 10

**Usado para:** Otimização de DRX (Recepção Discontínua) em modo ocioso

---

# Configuração

## Configuração Básica do Sxb

Edite config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # Endereço IP local para comunicação PFCP
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Substituir porta padrão (8805)
    local_port: 8805
  },

  # Seleção de UPF - Todos os UPFs definidos aqui são registrados automaticamente
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{
        # Endereço IP do PGW-U
        remote_ip_address: "10.0.0.21",

        # Porta PFCP (padrão: 8805)
        remote_port: 8805,

        # Peso para平衡amento de carga (100 = normal, 0 = reserva)
        weight: 100
      }
    ]
  }
}
```

## Múltiplos Pares PGW-U

Para balanceamento de carga ou redundância:

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 50}, # 50% do tráfego
      %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 50} # 50% do tráfego
    ]
  }
# Ambos os UPFs registrados automaticamente com batimentos de 5 segundos
```

## Configuração de Seleção de UPF

O PGW-C utiliza um **sistema de seleção de UPF de três níveis** com regras baseadas em prioridade:

1. **Regras Estáticas** (Maior Prioridade) - Correspondem com base em atributos de sessão

2. **Seleção Baseada em DNS** (Prioridade Média) - Roteamento cliente da localização via consultas DNS NAPTR
3. **Pool de Reserva** (Menor Prioridade) - Pool de UPF padrão quando nenhuma regra corresponde

### **Exemplo Completo de Seleção de UPF**

```

config :pgw_c,
  # Interface PFCP
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },

  # Seleção de UPF: Todos os UPFs definidos aqui são registrados automaticamente
  upf_selection: %{
    # =====
    # Seleção Baseada em DNS (Roteamento Cliente da Localização)
    # =====
    # Consulta DNS usando Informações de Localização do Usuário (ULI)
    # Fornece seleção dinâmica de UPF com base na localização da célula
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    # =====
    # Regras de Seleção Estática (Avaliada por Prioridade)
    # =====
    # As regras são verificadas da maior para a menor prioridade
    # A primeira regra correspondente determina o pool de UPF
    rules: [
      # Regra 1: Tráfego IMS - Maior Prioridade
      %{
        name: "Tráfego IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805, weight: 80},
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805, weight: 20}
        ],
        # Opcional: substituições PCO para esta regra
        pco: %{
          p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
        }
      },
      # Regra 2: APN Empresarial - Alta Prioridade
      %{
        name: "Tráfego Empresarial",
        priority: 15,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805, weight: 100}
        ],
      }
    ]
  }
}

```

```

pco: %{
    primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
    secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
    ipv4_link_mtu_size: 1500
}
},

# Regra 3: Assinantes em Roaming - Prioridade Média
%{
    name: "Assinantes em Roaming",
    priority: 10,
    match_field: :serving_network_plmn_id,
    match_regex: "^(310|311|312|313)", # Redes dos EUA
    upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.4.21", remote_port: 8805, weight: 100}
    ]
},
]

# Regra 4: Tráfego da Internet - Menor Prioridade
%{
    name: "Tráfego da Internet",
    priority: 5,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^internet",
    upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight: 33},
        %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight: 33},
        %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight: 34}
    ]
},
]

# =====
# Pool de Reserva (Último Recurso)
# =====
# Usado quando nenhuma regra corresponde e a seleção DNS falha ou está
desabilitada
fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight: 100}
]
}

```

## Campos de Correspondência Suportados

<b>Campo de Correspondência</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor Exemplo</b>
:imsi	Identidade Internacional do Assinante Móvel	"310260123456789"
:apn	Nome do Ponto de Acesso	"internet", "ims"
:serving_network_plmn_id	PLMN da rede servidora (MCC+MNC)	"310260" (operadora dos EUA)
:sgw_ip_address	Endereço IP do SGW (formato string)	"10.0.1.50"
:uli_tai_plmn_id	ID do PLMN da Área de Rastreamento	"310260"
:uli_ecgi_plmn_id	ID do PLMN da Célula E-UTRAN	"310260"

## Pool de UPF e Balanceamento de Carga

Cada regra pode especificar um **pool de UPF** com seleção aleatória ponderada:

```
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight: 50},
    %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight: 30},
    %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight: 20}
]
```

### Como Funciona a Seleção Ponderada:

1. Calcular peso total:  $50 + 30 + 20 = 100$
2. Gerar número aleatório: 0.0 a 100.0
3. Selecionar UPF com base nos intervalos de peso cumulativo:
  - 0-50: UPF-1 (50% de chance)
  - 50-80: UPF-2 (30% de chance)
  - 80-100: UPF-3 (20% de chance)

### Casos de Uso:

- **Distribuição igual:** Todos os pesos iguais (33, 33, 34)
- **Primário/reserva:** Peso alto primário (80), peso baixo reserva (20)
- **Baseado em capacidade:** Peso proporcional à capacidade do UPF

## Substituições PCO

As regras podem substituir valores de PCO (Opções de Configuração de Protocolo):

```
%{
  name: "Tráfego IMS",
  match_field: :apn,
  match_regex: "^ims",
  upf_pool: [...],
  pco: %{
    # Substituir apenas campos específicos
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"],
    # Outros campos usam os padrões da configuração principal de pco
  }
}
```

### Campos de Substituição PCO Disponíveis:

- primary\_dns\_server\_address
- secondary\_dns\_server\_address
- primary\_nbns\_server\_address
- secondary\_nbns\_server\_address
- p\_cscf\_ipv4\_address\_list
- ipv4\_link\_mtu\_size

## Seleção Baseada em DNS

Quando habilitada, o PGW-C realiza consultas DNS NAPTR com base nas Informações de Localização do Usuário:

```
upf_selection: {
```

```
        dns_enabled: true,  
        dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],  
        dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",  
        dns_timeout_ms: 5000  
    }
```

### Prioridade da Consulta:

1. **ECGI** (Identificador Global da Célula E-UTRAN) - Mais específico
2. **TAI** (Identidade da Área de Rastreamento) - Área da célula
3. **RAI** (Identidade da Área de Roteamento) - Área 3G/2G
4. **SAI** (Identidade da Área de Serviço) - Área de serviço 3G
5. **CGI** (Identidade Global da Célula) - Célula 2G

### Exemplo de Consulta DNS:

```
# Para consulta ECGI:  
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org  
  
# Para consulta TAI:  
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

### Processo de Seleção DNS:

1. Tentar consultas na ordem de prioridade (ECGI primeiro, depois TAI, etc.)
2. Se o DNS retornar candidatos, usar o primeiro resultado (registrado dinamicamente se necessário)
3. Selecionar UPF retornado
4. Se não houver correspondência DNS ou DNS desabilitado, passar para o pool de reserva

Veja [Seleção de UPF Baseada em DNS](#) para informações detalhadas.

---

## Seleção de UPF Baseada em DNS

### Visão Geral

A seleção de UPF baseada em DNS fornece **roteamento ciente da localização** realizando consultas DNS NAPTR usando Informações de Localização do Usuário (ULI) da célula atual do UE.

**Referência 3GPP:** TS 23.003 - Procedimentos DNS para descoberta de UPF

### Benefícios:

- Seleção automática de UPF com base na localização geográfica
- Sem configuração manual de regras por célula
- Adaptação dinâmica a mudanças na topologia da rede
- Reduz o backhaul roteando para o UPF mais próximo

### Como Funciona

### Configuração

```
config :pgw_c,
```

```

upf_selection: %{
    # Habilitar seleção baseada em DNS
    dns_enabled: true,

    # Prioridade da consulta: tentar ECGI primeiro, depois TAI, depois RAI, etc.
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cigi],

    # Sufixo DNS para consultas
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

    # Tempo limite da consulta DNS
    dns_timeout_ms: 5000,

    # Regras estáticas ainda têm precedência sobre DNS
    rules: [...],

    # Reserva se DNS falhar
    fallback_pool: [...]
}

```

## **Formatos de Consulta DNS**

As consultas DNS são construídas usando Informações de Localização do Usuário (ULI) da mensagem GTP-C:

### **1. ECGI (Identificador Global da Célula E-UTRAN)**

**Mais específico** - Roteamento em nível de célula LTE

**Formato:**

```
eci-<HEX-ECI>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

**Exemplo:**

```
# ID da Célula: 0x1A2B3C (1.715.004 decimal)
# PLMN: MCC=999, MNC=999
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quando Usado:** Redes LTE (4G)

### **2. TAI (Identidade da Área de Rastreamento)**

**Área da célula** - Múltiplas células na mesma área de rastreamento

**Formato:**

```
tac-lb<LB>.tac-hb<HB>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

**Exemplo:**

```
# TAC: 0x0064 (100 decimal)
# Byte baixo: 0x64, Byte alto: 0x00
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quando Usado:** Áreas de rastreamento LTE (4G)

### **3. RAI (Identidade da Área de Roteamento)**

#### **Área de roteamento 3G/2G**

**Formato:**

```
rac<RAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.rai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.dns_suffix
```

**Exemplo:**

```
# RAC: 0x0A (10 decimal)
# LAC: 0x1234 (4660 decimal)
rac0a.lac-lb34.lac-hb12.lac.rai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quando Usado:** Redes UMTS/GPRS 3G/2G

### **4. SAI (Identidade da Área de Serviço)**

#### **Área de serviço 3G**

**Formato:**

```
sac<SAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.sai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.dns_suffix
```

**Exemplo:**

```
# SAC: 0x0001
# LAC: 0x1234
sac0001.lac-lb34.lac-hb12.lac.sai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quando Usado:** Áreas de serviço UMTS 3G

### **5. CGI (Identidade Global da Célula)**

#### **Célula 2G em nível de célula**

**Formato:**

```
ci<CI>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.cgi.mnc<MNC>.mcc<MCC>.dns_suffix
```

**Exemplo:**

```
# CI: 0x5678
# LAC: 0x1234
ci5678.lac-lb34.lac-hb12.lac.cgi.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Quando Usado:** Células GSM 2G

### **Processamento da Resposta DNS**

**Formato do Registro NAPTR:**

O DNS retorna registros NAPTR apontando para endereços IP de UPF:

```
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org.
IN NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-s5-gtp:x-s8-gtp" ""
```

```
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.
```

```
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.
```

```
IN A 10.100.1.21
```

### **Processamento do PGW-C:**

1. Analisar registros NAPTR para extrair endereços IP de UPF
2. Selecionar primeiro candidato da resposta DNS
3. Registrar dinamicamente se não estiver configurado (ou implementar seleção baseada em carga)

### **Exemplo:**

```
DNS retorna: [10.100.1.21, 10.100.5.99, 10.200.3.50]
```

```
Selecionado: 10.100.1.21 (primeiro candidato)
```

```
Ação: Registrar dinamicamente se não estiver na seleção de upf
```

## **Exemplo de Prioridade de Seleção**

### **Casos de Uso**

#### **1. Balanceamento de Carga Geográfica**

**Cenário:** O operador possui UPFs em várias cidades

#### **Configuração DNS:**

```
# Célula de Chicago  
eci-aaa.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-Chicago (10.1.1.21)
```

```
# Célula de Nova York  
eci-bbb.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-NewYork (10.2.1.21)
```

```
# Célula de Los Angeles  
eci-ccc.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-LosAngeles (10.3.1.21)
```

**Benefício:** Usuários são automaticamente roteados para o UPF mais próximo, reduzindo latência e backhaul

#### **2. Computação de Borda**

**Cenário:** UPFs de MEC (Computação de Borda Multi-Acesso) implantados em locais de células

#### **Configuração DNS:**

```
# Cada célula aponta para o UPF de borda local  
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF de Borda Local
```

**Benefício:** Latência ultra-baixa para aplicações de borda

#### **3. Topologia de Rede Dinâmica**

**Cenário:** Endereços de UPF mudam devido a atualizações ou manutenção

**Benefício:** Atualizar registros DNS sem alterar a configuração do PGW-C

## Solução de Problemas na Seleção de DNS

### Falhas de Consulta DNS

#### Sintomas:

- Log: "Falha na seleção de UPF DNS: :nxdomain"
- Sessões caem para o pool de reserva

#### Possíveis Causas:

1. Servidor DNS não configurado corretamente
2. Zona DNS não populada para IDs de células
3. ULI não presente na mensagem GTP-C

#### Resolução:

```
# Testar consulta DNS manualmente
dig eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org NAPTR

# Verificar logs do PGW-C para consultas DNS
grep "DNS UPF selection: querying" /var/log/pgw_c.log

# Verificar se ULI está presente na sessão
# Verificar campo "uli" no estado da sessão
```

## DNS Retorna UPF Desconhecido

### Comportamento:

- DNS retorna um UPF candidato que não está na upf\_selection
- O sistema tenta automaticamente registrar dinamicamente
- Se a associação PFCP for bem-sucedida, o UPF é usado para a sessão
- Se a associação PFCP falhar, cai para o pool de reserva

#### Exemplo:

```
DNS retorna: [10.99.1.50]
upf_selection: [10.100.1.21, 10.100.1.22]
```

Ação: Registrar dinamicamente 10.99.1.50  
- Enviar Configuração de Associação PFCP  
- Se sucesso: Usar para sessão  
- Se timeout: Cair para o pool de reserva

### Opções de Resolução:

1. Pré-configurar em upf\_selection para monitoramento imediato:

```
upf_selection: %{
    fallback_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.99.1.50", remote_port: 8805, weight: 100}
    ]
}
```

2. Atualizar DNS para retornar IPs de UPFs pré-configurados
3. Permitir registro dinâmico (recomendado para cenários de MEC/borda)

## Timeout de Consulta

### Sintomas:

- Log: "Seleção de UPF DNS: timeout de consulta"
- Sessões demoram mais para serem estabelecidas

### Resolução:

```
upf_selection: %{  
    dns_timeout_ms: 10000 # Aumentar timeout para 10 segundos  
}
```

## Monitoramento da Seleção de DNS

### Métricas:

```
# Taxa de sucesso da consulta DNS  
rate(upf_selection_dns_success_total[5m]) /  
rate(upf_selection_dns_attempts_total[5m])  
  
# Latência da consulta DNS  
histogram_quantile(0.95, rate(upf_selection_dns_duration_seconds_bucket[5m]))  
  
# Uso de fallback (indica problemas de DNS)  
rate(upf_selectionFallback_used_total[5m])
```

### Logs:

```
[debug] DNS UPF selection: querying  
ec1-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org  
[debug] DNS UPF selection: got 2 candidates from DNS  
[info] DNS UPF selection: selected 10.100.1.21
```

---

## Fluxos de Mensagens

### Fluxo Completo de Estabelecimento de Sessão

### Fluxo de Modificação de Sessão

### Recuperação de Falha de Batimento

---

# Solução de Problemas

## Problemas Comuns

### 1. Falha na Configuração da Associação

#### Sintomas:

- Mensagem de log: "Falha na Configuração de Associação PFCP"
- Sem resposta à Solicitação de Configuração de Associação

#### Possíveis Causas:

- PGW-U não acessível (problema de rede)
- PGW-U não está em execução
- Firewall bloqueando a porta UDP 8805
- ID de `remote_ip_address` incorreto na configuração

#### Resolução:

```
# Testar conectividade
ping <pgw_u_ip_address>

# Testar porta UDP
nc -u -v <pgw_u_ip_address> 8805

# Verificar firewall
iptables -L -n | grep 8805
```

### 2. Falhas de Batimentos

#### Sintomas:

- Log: "Falhas consecutivas de batimento: 3"
- Associação marcada como inativa

#### Possíveis Causas:

- Latência de rede ou perda de pacotes
- PGW-U sobrecarregado
- Intervalo de batimento muito agressivo

#### Resolução:

```
# Nota: O período de batimento é fixo em 5 segundos
# Para reduzir a carga na rede, ajuste o limite de falha no código:
# lib/core/pfcp_node/impl/peer.ex - função is_peer_healthy?/1
# Mudar: state.missed_heartbeats_consecutive < 3
# Para:      state.missed_heartbeats_consecutive < 5 (mais tolerante)
```

### 3. Falha no Estabelecimento de Sessão

#### Sintomas:

- Resposta de Criação de Sessão com causa de erro

- Log: "Falha no Estabelecimento de Sessão PFCP"

### **Possíveis Causas:**

- Nenhum par PGW-U disponível
- Exaustão de recursos do PGW-U
- Configuração de regra inválida

### **Verifique:**

1. Verifique se pelo menos um par tem `is_associated = true`
2. Verifique logs do PGW-U para erros
3. Verifique unicidade do SEID

## **4. Erros de SEID Duplicados**

### **Sintomas:**

- Resposta de Estabelecimento de Sessão: Causa "Contexto de sessão não encontrado"

### **Causa:**

- Colisão de SEID (muito rara)
- Reinício do PGW-U sem o conhecimento do PGW-C

### **Resolução:**

- Reiniciar a associação PFCP (dispara novo carimbo de tempo de recuperação)
- O PGW-C detectará a reinicialização do PGW-U e limpará sessões antigas

## **Monitoramento da Saúde do PFCP**

### **Métricas a Monitorar:**

```
# Status da associação do par PFCP
pfcp_peer_associated{peer="PGW-U Primário"} 1

# Sessões PFCP ativas
seid_registry_count 150

# Taxas de mensagens PFCP
rate(sxb_inbound_messages_total[5m])

# Erros PFCP
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])

# Falhas de batimento
pfcp_consecutive_heartbeat_failures{peer="PGW-U Primário"} 0
```

### **Exemplos de Alertas:**

```
# Alerta sobre associação inativa
- alert: PFCPAssociationDown
  expr: pfcp_peer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
```

```

summary: "0 par PFCP {{ $labels.peer }} está inativo"

# Alerta sobre altas falhas de estabelecimento de sessão
- alert: PFCPSessionEstablishmentFailureHigh
  expr:
rate(sxb_inbound_errors_total{message_type="session_establishment_response"}[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta taxa de falha no estabelecimento de sessão PFCP"

```

---

## Interface Web - Monitoramento PFCP

O OmniPGW fornece duas páginas da Web para monitoramento das operações PFCP/Sxb em tempo real.

### Página de Status de UPF/Pares PFCP

**Acesso:** [http://<omnipgw-ip>:<web-port>/upf\\_status](http://<omnipgw-ip>:<web-port>/upf_status)

**Propósito:** Monitorar o status da associação PFCP com todos os pares PGW-U configurados

#### Recursos:

##### 1. Visão Geral do Status do Par

- **Contagem de Associados** - Número de pares com associação PFCP ativa
- **Contagem de Não Associados** - Número de pares inativos ou não conectados
- Atualiza automaticamente a cada 2 segundos

##### 2. Informações por Par

Para cada par PGW-U configurado:

- **Nome do Par** - Nome amigável da configuração
- **Endereço IP** - IP remoto do PGW-U
- **Status da Associação** - Associado (verde) ou Não Associado (vermelho)
- **ID do Nó** - Identificador do Nó PFCP
- **Carimbo de Tempo de Recuperação** - Último horário de reinício do par
- **Período de Batimento** - Intervalo de batimento configurado
- **Batimentos Perdidos Consecutivos** - Contagem atual de falhas
- **Recursos da Função UP** - Capacidades anunciadas pelo PGW-U

##### 3. Detalhes Expansíveis

Clique em qualquer par para ver:

- Configuração completa do par
- Bitmap de recursos da função UP
- Carimbos de tempo de associação
- Estado completo do par

### Página de Sessões PFCP

**Acesso:** [http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pfcp\\_sessions](http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pfcp_sessions)

**Propósito:** Visualizar sessões PFCP ativas entre o OmniPGW e o PGW-U

## **Recursos:**

### **1. Contagem de Sessões Ativas**

- Número total de sessões PFCP ativas
- Atualiza em tempo real

### **2. Informações da Sessão** Para cada sessão PFCP:

- **Chave da Sessão** - Chave de registro interna
- **ID do Processo** - Identificador do processo da sessão
- **IMSI** - Assinante associado (se disponível)
- **Status** - Estado da sessão

### **3. Estado Completo da Sessão** Visualização expansível mostrando:

- Contexto completo da sessão PFCP
- PDRs, FARs, QERs, BARs (regras de encaminhamento)
- F-SEIDs (identificadores de ponto de sessão)
- Associação do par PGW-U

## **Casos de Uso Operacionais**

### **Monitorar a Saúde da Associação PFCP:**

1. Abra a página de Status de UPF
2. Verifique se todos os pares mostram "Associado"
3. Verifique se a contagem de batimentos perdidos = 0
4. Se um par mostrar "Não Associado":
  - Verifique a conectividade do IP do par
  - Verifique se o par está em execução
  - Verifique o firewall (UDP 8805)

### **Solução de Problemas nas Falhas de Estabelecimento de Sessão:**

1. A sessão do usuário falha ao estabelecer
2. Verifique a página de Sessões do PGW - a sessão existe?
3. Verifique a página de Sessões PFCP - sessão PFCP criada?
4. Se não houver sessão PFCP:
  - Verifique o Status de UPF - algum par está associado?
  - Verifique logs para erros PFCP
5. Se a sessão PFCP existir:
  - Inspecione PDRs/FARs para verificar regras programadas
  - O problema é provavelmente a jusante (PGW-U ou rede)

### **Verificar Distribuição de Carga do Par:**

1. Com múltiplos pares PGW-U configurados
2. Verifique a página de Sessões PFCP
3. Verifique se as sessões estão distribuídas entre os pares
4. Identifique se um par tem carga desproporcional

### **Detectar Falhas de Par:**

- Olhar rápido na página de Status de UPF
- O distintivo vermelho "Não Associado" é imediatamente visível
- O contador de batimentos perdidos mostra degradação antes da falha total

- Configure alertas de monitoramento com base nos dados da Web UI

#### Vantagens:

- **Monitoramento em tempo real** - Sem necessidade de consultar métricas ou SSH
  - **Status visual** - Códigos de cores associados/não associados
  - **Tendências de saúde do par** - Contagem de batimentos perdidos mostra aviso antecipado
  - **Inspeção em nível de sessão** - Veja exatamente PDRs/FARs/QERs programados
  - **Sem ferramentas necessárias** - Apenas um navegador da Web
- 

## Documentação Relacionada

### Configuração

- [\*\*Guia de Configuração\*\*](#) - Seleção de UPF, monitoramento de saúde, configuração PFCP
- [\*\*Gerenciamento de Sessão\*\*](#) - Ciclo de vida da sessão PDN, estabelecimento de bearer
- [\*\*QoS & Gerenciamento de Bearer\*\*](#) - Configuração detalhada de QoS, programação de QER

### Cobrança e Monitoramento

- [\*\*Interface Diameter Gx\*\*](#) - Regras PCC que impulsionam a aplicação de QoS PFCP
- [\*\*Interface Diameter Gy\*\*](#) - Gerenciamento de cota de cobrança online via URRs
- [\*\*Formato de CDR de Dados\*\*](#) - Geração de CDR a partir de relatórios de uso PFCP
- [\*\*Guia de Monitoramento\*\*](#) - Métricas PFCP, rastreamento de sessões, alertas de saúde do UPF

### Interfaces de Rede

- [\*\*Interface S5/S8\*\*](#) - Gerenciamento de bearer do plano de controle
  - [\*\*Alocação de IP do UE\*\*](#) - Atribuição de endereço do UE via PFCP
- 

[\*\*Voltar ao Guia de Operações\*\*](#)



# Documentação da Interface S5/S8

## Comunicação GTP-C com SGW-C

*OmniPGW da Omnitouch Network Services*

---

## Visão Geral

A **interface S5/S8** conecta o OmniPGW ao SGW-C (Serving Gateway Control plane) usando o protocolo **GTP-C v2** (GPRS Tunnelling Protocol - Control plane). Esta interface gerencia o sinalização de gerenciamento de sessão entre os gateways.

---

## Detalhes do Protocolo

### GTP-C Versão 2

- **Protocolo:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **Transporte:** UDP
- **Porta:** 2123 (padrão)
- **Tipo de Interface:** Plano de Controle

### TEID (Identificador de Ponto de Túnel)

Cada sessão tem um **TEID** único para roteamento de mensagens:

- **TEID Local** - Alocado pelo OmniPGW para mensagens recebidas
- **TEID Remoto** - Alocado pelo SGW-C para mensagens enviadas

Fluxo de Mensagem:

SGW-C → OmniPGW: TEID de Destino = TEID Local do OmniPGW  
OmniPGW → SGW-C: TEID de Destino = TEID Remoto do SGW-C

---

## Configuração

### Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
s5s8: %{
  # Endereço IPv4 local para a interface S5/S8
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",

  # Opcional: Endereço IPv6 local
  local_ipv6_address: nil,

  # Opcional: Substituir porta padrão
  local_port: 2123
}
```

### Requisitos de Rede

#### Regras de Firewall:

```
# Permitir GTP-C da rede SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_network>/24 -j ACCEPT
```

```
# Permitir GTP-C de saída para SGW-C  
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgw_network>/24 -j ACCEPT
```

#### Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede SGW-C  
ip route add <sgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

## Tipos de Mensagens

A interface S5/S8 gerencia a sinalização GTP-C para gerenciamento de sessão PDN. Para detalhes sobre o ciclo de vida da sessão e gerenciamento de estado, consulte o [Guia de Gerenciamento de Sessão](#).

### Gerenciamento de Sessão

#### Solicitação de Criação de Sessão

**Direção:** SGW-C → OmniPGW

**Propósito:** Estabelecer uma nova conexão PDN

#### Principais IEs (Elementos de Informação):

Nome IE	Tipo	Descrição
IMSI	Identidade	Identidade Internacional do Assinante Móvel
MSISDN	Identidade	Número de telefone móvel
APN	String	Nome do Ponto de Acesso (ex: "internet")
Tipo de RAT	Enum	Tecnologia de Acesso Rádio (EUTRAN)
Contexto de Bearer	Agrupado	Informações do bearer padrão
Fuso Horário do UE	Timestamp	Fuso horário do UE
ULI	Agrupado	Informações de Localização do Usuário (TAI, ECGI)
Rede de Atendimento	PLMN	MCC/MNC da rede de atendimento

#### Exemplo:

```
Solicitação de Criação de Sessão  
└─ IMSI: 310260123456789  
└─ MSISDN: 14155551234  
└─ APN: internet  
└─ Tipo de RAT: EUTRAN (6)  
└─ Contexto de Bearer  
    └─ EBI: 5  
        └─ QoS do Bearer (QCI 9, ARP, taxas de bits)  
        └─ S5/S8 F-TEID (ponto de túnel SGW-U)  
└─ ULI  
    └─ TAI: MCC 310, MNC 260, TAC 12345  
    └─ ECGI: MCC 310, MNC 260, ECI 67890
```

#### Resposta de Criação de Sessão

**Direção:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Reconhecer a criação da sessão

#### Principais IEs:

Nome IE	Tipo	Descrição
Causa	Resultado	Código de sucesso ou erro
Contexto de Bearer	Agrupado	Informações do bearer
Alocação de Endereço PDN IP	Endereço IP	Endereço IP alocado para o UE (veja <a href="#">Alocação de IP do UE</a> )
Restrição de APN	Enum	Restrições de uso do APN

<b>Nome IE</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
PCO	Opções	Opções de Configuração de Protocolo (veja <a href="#">Configuração de PCO</a> )

### Resposta de Sucesso:

```

Resposta de Criação de Sessão
└─ Causa: Solicitação aceita (16)
└─ Alocação de Endereço PDN
    └─ IPv4: 100.64.1.42
└─ Contexto de Bearer
    └─ EBI: 5
        └─ Causa: Solicitação aceita
            └─ S5/S8 F-TEID (ponto de túnel PGW-U do PFCP)
└─ Restrição de APN: Público-1 (1)
└─ PCO
    └─ Servidor DNS: 8.8.8.8
    └─ Servidor DNS: 8.8.4.4
    └─ MTU de Link: 1400

```

### Solicitação de Exclusão de Sessão

**Direção:** SGW-C → OmniPGW

**Propósito:** Terminar a conexão PDN

### Principais IEs:

<b>Nome IE</b>	<b>Descrição</b>
EBI	ID do Bearer EPS a ser excluído
EBI Vinculado	Bearer relacionado (opcional)

### Resposta de Exclusão de Sessão

**Direção:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Reconhecer a exclusão da sessão

### Principais IEs:

<b>Nome IE</b>	<b>Descrição</b>
Causa	Código de sucesso ou erro

## Gerenciamento de Bearer

### Solicitação de Criação de Bearer

**Direção:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Criar bearer dedicado (iniciado pela política do PCRF)

### Acionado por:

- PCRF envia nova regra PCC exigindo bearer dedicado
- OmniPGW solicita ao SGW-C para estabelecer o bearer

### Solicitação de Exclusão de Bearer

**Direção:** OmniPGW → SGW-C ou SGW-C → OmniPGW

**Propósito:** Excluir bearer dedicado

### Cenários:

- **Iniciado pelo PGW:** Mudança de política do PCRF remove bearer dedicado
  - **Iniciado pelo SGW:** Liberação de recursos de rádio
- 

## Fluxos de Mensagens

### Estabelecimento de Sessão

### Término de Sessão

---

## Códigos de Causa

### Sucesso

Código	Nome	Descrição
16	Solicitação aceita	Operação bem-sucedida

### Erros (Falhas Permanentes)

Código	Nome	Quando Usado
65	Usuário Desconhecido	PCRF rejeitou (IMSI não encontrado)
66	Recursos não disponíveis	Pool de IP esgotado
93	Serviço não suportado	APN inválido
94	Erro semântico no TFT	Modelo de fluxo de tráfego inválido

### Erros (Falhas Transitórias)

Código	Nome	Quando Usado
72	Par remoto não respondendo	Timeout do PCRF/PGW-U
73	Colisão com solicitação iniciada pela rede	Operações simultâneas

---

## Monitoramento

### Métricas S5/S8

```
# Contadores de mensagens
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}

# Contadores de erro
s5s8_inbound_errors_total

# Latência de manipulação de mensagens
s5s8_inbound_handling_duration_bucket

# TEIDs ativos
teid_registry_count
```

### Consultas Úteis

#### Taxa de Criação de Sessão:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])
```

#### Taxa de Erro:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])
```

#### Latência (p95):

```
histogram_quantile(0.95,  
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])  
)
```

## Solução de Problemas

### Problema: Sem Resposta do OmniPGW

#### Sintomas:

- SGW-C envia Solicitação de Criação de Sessão
- Nenhuma resposta recebida
- Timeout no SGW-C

#### Causas:

1. Problema de conectividade de rede
2. OmniPGW não está ouvindo no IP configurado
3. Firewall bloqueando UDP 2123
4. TEID errado na solicitação

#### Depuração:

```
# Verificar se o OmniPGW está ouvindo  
netstat -ulpn | grep 2123  
  
# Verificar pacotes recebidos  
tcpdump -i any -n port 2123  
  
# Verificar configuração  
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs  
  
# Verificar firewall  
iptables -L -n | grep 2123
```

### Problema: Falha na Criação de Sessão

#### Sintomas:

- Resposta de Criação de Sessão com causa de erro
- Sessão não estabelecida

#### Causas Comuns:

##### Causa 65 (Usuário Desconhecido):

- PCRF rejeitou assinante
- Verificar IMSI no HSS/SPR

##### Causa 66 (Sem recursos):

- Pool de IP esgotado
- Verificar: curl http://pgw:9090/metrics | grep address\_registry\_count
- Expandir pool de IP

##### Causa 72 (Par remoto não respondendo):

- Timeout do PCRF ou PGW-U fora
- Verificar conectividade Gx
- Verificar associação PFPCP

### Problema: Colisão de TEID

#### Sintomas:

- Mensagem roteada para a sessão errada
- Comportamento inesperado

#### Causa:

- TEID reutilizado antes da limpeza
- Bug na alocação de TEID

#### Resolução:

- Garantir alocação única de TEID
  - Verificar registro de TEID para vazamentos
- 

## Melhores Práticas

### Design de Rede

#### 1. Interface de Rede Dedicada

- Usar VLAN separada para S5/S8
- Isolar do tráfego de gerenciamento

#### 2. Otimização de MTU

- Garantir que a MTU suporte cabeçalhos GTP
- MTU mínima: 1500 bytes (1464 payload + 36 GTP)

#### 3. Redundância

- Múltiplas instâncias do OmniPGW
- Balanceamento de carga baseado em DNS do SGW-C

### Desempenho

#### 1. Tamanhos de Buffer UDP

- Aumentar buffers de socket para alta carga
- Típico: 4-8 MB por socket

#### 2. Limites de Conexão

- Planejar para o número esperado de sessões
- Monitorar contagem do registro de TEID

### Segurança

#### 1. Filtragem de IP

- Permitir apenas GTP-C de IPs conhecidos do SGW-C
- Usar iptables ou ACLs de rede

#### 2. Validação de Mensagens

- OmniPGW valida todas as mensagens recebidas
  - Rejeita pacotes GTP-C malformados
- 

## Documentação Relacionada

### Funções Principais

- [Guia de Configuração](#) - Configuração da interface S5/S8, configuração de IP local
- [Gerenciamento de Sessão](#) - Ciclo de vida da sessão PDN, estabelecimento de bearer

- [\*\*Alocação de IP do UE\*\*](#) - Entrega de endereço IP via Resposta de Criação de Sessão
- [\*\*Configuração de PCO\*\*](#) - Parâmetros de PCO em mensagens GTP-C

## Interfaces Relacionadas

- [\*\*Interface PFCP\*\*](#) - Coordenação do plano de usuário com o plano de controle S5/S8
- [\*\*Interface Diameter Gx\*\*](#) - Integração de políticas com configuração de bearer
- [\*\*Interface Diameter Gy\*\*](#) - Integração de cobrança com gerenciamento de bearer

## Operações

- [\*\*Guia de Monitoramento\*\*](#) - Métricas GTP-C S5/S8, rastreamento de mensagens
- [\*\*Formato de CDR de Dados\*\*](#) - Geração de CDR a partir de sessões GTP-C

---

[\*\*Voltar ao Guia de Operações\*\*](#)

---

**Interface S5/S8 do OmniPGW** - por Omnitouch Network Services

## Guia de Gerenciamento de Sessões

### Ciclo de Vida e Operações da Conexão PDN

OmniPGW da Omnitouch Network Services

### Visão Geral

Uma Sessão PDN (Packet Data Network) representa a conexão de dados de um UE através do OmniPGW. Cada sessão coordena múltiplas interfaces e recursos para habilitar a conectividade de dados.

### Componentes da Sessão

#### Identificadores da Sessão

Cada sessão possui múltiplos identificadores para diferentes interfaces:

Identificador	Interface	Propósito
TEID	S5/S8 (GTP-C) Tunnel Endpoint ID para comunicação SGW-C	
SEID	Sxb (PFCP)	Session Endpoint ID para comunicação PGW-U
Session-ID	Gx (Diameter)	Sessão Diameter para comunicação PCRF
Charging-ID	Accounting	ID único para cobrança

### Dados da Sessão

### Criação da Sessão

#### Fluxo de Chamadas

#### Etapas

##### 1. Receber Create Session Request (S5/S8)

A criação da sessão é iniciada via sinalização GTP-C na interface S5/S8. Veja [Interface S5/S8](#) para detalhes completos do protocolo GTP-C e formatos de mensagem.

##### Entrada:

- IMSI, MSISDN, IMEI
- APN (ex: "internet")
- Tipo de RAT (EUTRAN)
- Localização do UE (TAI, ECGI)
- Contexto do Bearer (QoS, F-TEID)

##### 2. Alocação de Recursos

- Alocar IP do UE do pool de APN
- Gerar Charging ID
- Gerar Gx Session-ID
- Alocar S5/S8 TEID
- Selecionar par PGW-U

##### 3. Solicitação de Política (Gx)

Solicitar política do PCRF:

- Enviar CCR-Initial
- Receber CCA-Initial com QoS e regras PCC

##### 4. Configuração do Plano do Usuário (PFCP)

Programar o PGW-U com regras de encaminhamento:

- Enviar Session Establishment Request
- Incluir PDRs, FARs, QERs, BAR
- Receber F-TEID para túnel S5/S8

##### 5. Resposta ao SGW-C

Enviar Create Session Response:

- Endereço IP do UE
- S5/S8 F-TEID (do PGW-U)
- PCO (DNS, P-CSCF, MTU)
- Contexto do Bearer

### Modificação da Sessão

#### Gatilhos

As sessões podem ser modificadas devido a:

- Mudanças de QoS - PCRF atualiza taxas de bits
- Operações de Bearer - Adicionar/remover bearers dedicados
- Handover - Mudança de SGW
- Atualizações de Política - Novas regras PCC do PCRF

#### Fluxo de Modificação de QoS

### Exclusão da Sessão

#### Fluxo de Chamadas

#### Processo de Limpeza

##### Recursos Liberados:

- Endereço IP do UE → de volta ao pool
- TEID → removido do registro
- SEID → removido do registro
- Session-ID → removido do registro
- Charging-ID → liberado
- Processo da sessão encerrado

##### Registros de Cobrança Gerados:

- CDR final (Charging Data Record) escrito para cobrança offline - Veja [Formato de CDR de Dados](#)

### Estado da Sessão

#### Máquina de Estados

#### Rastreamento da Sessão

##### Consultas ao Registro:

Por TEID (S5/S8):  
TEID 0x12345678 → Session PID

Por SEID (Sxb):  
SEID 0xABCD → Session PID

Por Session-ID (Gx):

```
"pgw.example.com;123;456" → Session PID  
Por IP do UE:  
100.64.1.42 → Session PID  
Por IMSI + EBI:  
"310260123456789" + EBI 5 → Session PID
```

## Monitoramento de Sessões

### Contagem de Sessões Ativas

```
# Total de sessões ativas  
teid_registry_count  
  
# Sessões PCP  
seid_registry_count  
  
# Sessões Gx  
session_id_registry_count
```

### Métricas da Sessão

```
# Taxa de criação de sessões  
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])  
  
# Taxa de exclusão de sessões  
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])  
  
# Latência de criação de sessão (p95)  
histogram.quantile(0.95,  
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m]))
```

## Problemas Comuns

### Falhas na Criação da Sessão

#### Causas:

1. Pool de IP Esgotado - Nenhum IP disponível
2. PCRF Inacessível - Timeout Gx
3. PGW-U Fora do Ar - Nenhum par PCP disponivel
4. Rejeição do PCRF - Usuário desconhecido, não autorizado

#### Depuração:

```
# Verificar pool de IP  
curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count  
  
# Verificar conectividade com o PCRF  
# Verificar erros Gx nos logs  
  
# Verificar associação PGW-U  
# Verificar status do par PCP
```

### Sessão Travada/Obsoleta

#### Sintomas:

- Sessão não excluída corretamente
- Recursos não liberados
- Registros mostram contagem maior do que o esperado

#### Causas:

1. Delete Session Request não recebida
2. Queda do processo da sessão sem limpeza
3. Vazamento de registro

#### Resolução:

```
# Reiniciar OmniPGW (libera todas as sessões)  
# Implementar mecanismo de timeout para sessões obsoletas
```

### UE Não Consegue Estabelecer Sessão

#### Sintomas:

- Falha no attach do UE
- Create Session Response com causa de erro

#### Causas Comuns e Respostas:

Valor da Causa	Significado	Ação
Usuário Desconhecido	PCRF rejeitou (IMSI não está no banco de dados)	Provisionar assinante
Nenhum Recurso Disponível	Pool de IP esgotado	Expandir pool de IP
Par Remoto Não Respondendo	Timeout do PCRF/PGW-U	Verificar conectividade
Serviço Não Suportado	APN inválido	Configurar pool de APN

## Melhores Práticas

### Limits de Sessão

#### Configurar capacidade apropriada:

Usuários concorrentes esperados: 10.000  
Sobrecarga de sessão por usuário: ~10KB RAM  
Total de RAM para sessões: ~100MB

Configurações da VM Erlang:  
- Máx. processos: 262.144 (padrão)  
- Tamanho do heap do processo: Ajustar com base na carga

### Limpeza de Sessão

#### Garantir limpeza adequada:

1. Sempre responder a Delete Session Requests
2. Implementar timeout de sessão para sessões obsoletas
3. Monitorar contagens de registro para vazamentos

### Alta Disponibilidade

#### Redundância de Sessão:

- Usar design sem estado (sessões vinculadas à instância)
- Implementar banco de dados de sessão para HA (futuro)
- DNS/balancer de carga para failover

## Elementos de Dados da Sessão

### Que Informações Uma Sessão Armazena?

Cada sessão PDN ativa mantém as seguintes informações:

#### Identificação do UE:

- IMSI: "310260123456789" (identidade do assinante)
- MSISDN: "14155551234" (número de telefone)

- MEI/IMEI: Identificador do dispositivo

#### Detalhes da Conexão PDN:

- APN: "internet" (nome da rede)
- Endereço IP do UE: 100.64.1.42 (IP alocado)
- Tipo de PDN: IPv4, IPv6 ou IPv4v6

#### Identificadores da Sessão:

- Charging ID: Identificador único de cobrança
- EBI do Bearer Padrão: EPS Bearer Identifier (tipicamente 5)

#### Parâmetros de QoS:

- APN-AMBR: Taxa Máxima de Bits Agregada
  - Uplink: 100 Mbps
  - Downlink: 50 Mbps

#### Regras de Encaminhamento:

- PDRs (Regras de Detecção de Pacotes): Combinar pacotes
- FARs (Regras de Ação de Encaminhamento): Ações de encaminhar/descartar
- QoSs (Regras de Aplicação de QoS): Limitação de taxa
- BAR (Regra de Ação de Bufferização): Bufferização de downlink

#### Contexto da Interface:

- Estado S5/S8: TEIDs locais/remotos, endereço SGW-C
- Estado Sxb: SEIDs locais/remotos, endereço PGW-U
- Estado Gx: Session-ID Diameter, contador de solicitações

## UI Web - Monitoramento de Sessões Ao Vivo

O OmnipGW inclui uma UI Web em tempo real para monitorar sessões ativas sem precisar consultar métricas ou logs.

### Pesquisa de UE & Análise Detalhada

Acesso: [http://<omnigw-ip>:<web-port>/ue\\_search](http://<omnigw-ip>:<web-port>/ue_search)

**Propósito:** Pesquisar sessões específicas de UE e visualizar informações detalhadas

**Recursos:**

#### 1. Funcionalidade de Pesquisa

Pesquisar sessões por:

- IMSI (ex: "310170123456789")
- MSISDN (número de telefone)
- Endereço IP (ex: "100.64.1.42")

#### 2. Opções de Pesquisa

- Seletor suspenso para escolher o tipo de pesquisa
- Pesquisa em tempo real com resultados instantâneos
- Interface clara com dicas de pesquisa

#### 3. Resultados de Análise Detalhada

Uma vez encontrado, exibe informações abrangentes da sessão, incluindo:

- Detalhes completos do assinante
- Todos os endpoints de túnel e identificadores
- Informações de QoS e bearer
- Estado completo da sessão

#### Casos de Uso:

- Solucionar problemas específicos de assinantes
- Verificar o estabelecimento da sessão
- Verificar o endereço IP atribuído
- Inspecionar parâmetros da sessão

## Página de Sessões PGW

Acesso: [http://<omnigw-ip>:<web-port>/pgw\\_sessions](http://<omnigw-ip>:<web-port>/pgw_sessions)

**Propósito:** Visualização em tempo real de todas as sessões PDN ativas

**Recursos:**

#### 1. Visão Geral da Sessão

- Contagem de sessões ao vivo (atualiza a cada 2 segundos)
- Visualização em grade de todas as sessões ativas
- Não é necessário atualizar - atualizações automáticas

#### 2. Informações Rápidas da Sessão

- IMSI - Identidade do assinante

- UE IP - Endereço IP alocado
- SGW TEID - ID do túnel S5/S8 do SGW
- PGW TEID - ID do túnel S5/S8 do OmniPGW
- APN - Nome do Ponto de Acesso

### 3. Funcionalidade de Pesquisa

Pesquisar sessões por:

- IMSI (ex: "310260")
- Endereço IP do UE (ex: "100.64")
- MSISDN / número de telefone
- Nome da APN

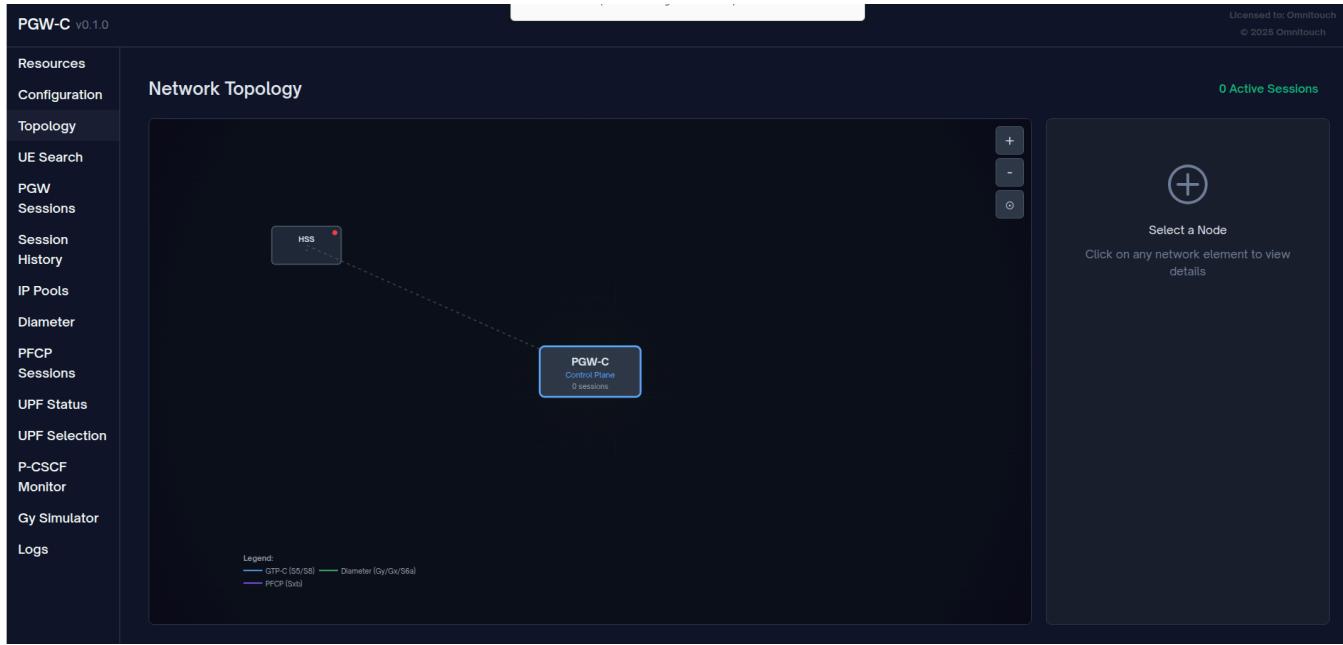
### 4. Detalhes Expansíveis

Clique em qualquer linha de sessão para ver detalhes completos:

- Informações completas do assinante (IMSI, MSISDN, IMEI)
- Contexto da rede (tipo de RAT, rede de serviço MCC/MNC)
- Parâmetros de QoS (AMBR uplink/downlink em formato legível)
- Identificadores de túnel (ambos TEIDs em formato hexadecimal)
- ID do processo para depuração
- Estado completo da sessão (estrutura de dados bruta)

## Visualização da Topologia da Rede

Acesso: <http://<omnippgw-ip>:<web-port>/topology>



**Propósito:** Representação visual das conexões de rede e sessões ativas

### Recursos:

#### 1. Visualização da Topologia

- Gráfico visual dos elementos da rede
- Mostra o nó PGW-C (Plano de Controle)
- Pares HSS (Home Subscriber Server) conectados
- Exibição da contagem de sessões ativas

#### 2. Elementos Interativos

- Controles de zoom (+/-)
- Botão de centralização da vista
- Clique nos nós para detalhes
- Mostra o status da conexão (verde = ativo, vermelho = fora do ar)

#### 3. Contagem de Sessões

- Contador de sessões ativas em tempo real
- Atualiza automaticamente
- Indicação visual da carga

### Casos de Uso:

- Compreender a arquitetura da rede rapidamente
- Verificar conexões de pares
- Monitorar mudanças na topologia
- Verificação rápida da saúde da rede

## Histórico de Sessões & Registro de Auditoria

Acesso: [http://<omnippgw-ip>:<web-port>/session\\_history](http://<omnippgw-ip>:<web-port>/session_history)

**Propósito:** Rastrear eventos históricos de sessão e trilha de auditoria

#### Recursos:

##### 1. Filtragem de Eventos

- Filtrar por tipo de evento (Todos os Eventos, Sessão Criada, Sessão Excluída, etc.)
- Seleção de intervalo de datas (De Data / Para Data)
- Pesquisa por IMSI, MSISDN, endereço IP ou TEID

##### 2. Funcionalidade de Exportação

- Exportar para CSV para análise
- Incluir todos os resultados filtrados
- Útil para conformidade e relatórios

##### 3. Tipos de Eventos Rastreáveis

- Eventos de criação de sessão
- Eventos de exclusão de sessão
- Eventos de modificação
- Eventos de erro

#### Casos de Uso:

- Trilhas de auditoria para conformidade
- Análise histórica de sessões
- Solucionar problemas de eventos passados
- Gerar relatórios de uso
- Rastrear padrões de sessão ao longo do tempo

#### Casos de Uso Operacionais

##### Verificação de Sessão:

1. Usuário relata problema de conectividade
2. Pesquisar UI Web por IMSI ou número de telefone
3. Verificar se a sessão existe e se o UE tem endereço IP
4. Verificar se os valores de QoS correspondem ao plano do assinante
5. Verificar se os endpoints de túnel estão estabelecidos

##### Monitoramento de Capacidade:

- Olhar a contagem de sessões ativas
- Comparar com a capacidade licenciada
- Identificar padrões de uso por APN

##### Solução de Problemas:

- Encontrar sessão específica por qualquer identificador
- Inspeccionar estado completo da sessão sem SSH/IE
- Verificar se os TEIDs do SGW e PGW correspondem entre os sistemas
- Verificar valores de AMBR aplicados do PCRF

##### Vantagens Sobre Métricas:

- Ver detalhes de sessões individuais (métricas mostram agregados)
- Capacidades de pesquisa e filtragem
- Formatação legível (largura de banda em Mbps, não bps)
- Inspeção de estado em tempo real
- Sem necessidade de acesso à linha de comando

## Documentação Relacionada

### Funções Principais da Sessão

- [Interface PFCP](#) - Estabelecimento de sessão do plano do usuário, PDRs, FARs, QERs, URRs
- [Alocação de IP do UE](#) - Atribuição de endereço IP, gerenciamento de pool de APN
- [Configuração de PCO](#) - Parâmetros de DNS, P-CSCF, MTU entregues ao UE
- [Guia de Configuração](#) - Seleção de UPF, fluxos de estabelecimento de sessão

### Política e Cobrança

- [Interface Diameter Gx](#) - Controle de política do PCRF, regras PCC, gerenciamento de QoS
- [Interface Diameter Gy](#) - Cobrança online OCS, rastreamento de cotas
- [Formato de CDR de Dados](#) - Geração de registros de cobrança offline

### Interfaces de Rede

- [Interface S5/S8](#) - Protocolo GTP-C, comunicação SGW-C
- [Gerenciamento de QoS & Bearer](#) - Aplicação de QoS do bearer

### Operações

- [Guia de Monitoramento](#) - Métricas de sessão, rastreamento de sessões ativas, alertas
- [Monitoramento P-CSCF](#) - Monitoramento de sessão IMS

---

[Voltar ao Guia de Operações](#)

---

Gerenciamento de Sessões OmniPGW - por Omnitouch Network Services



# Documentação de Alocação de Pool de IP da UE

Gerenciamento de Endereços IP para Dispositivos Móveis

## Índice

1. Visão Geral
2. Conceitos de Alocação de IP
3. Configuração
4. Processo de Alocação
5. Tópicos Avançados
6. Monitoramento
7. Solução de Problemas

## Visão Geral

O PGW-C aloca endereços IP para dispositivos UE (Equipamento do Usuário) quando eles estabelecem conexões PDN (Rede de Dados por Pacote). Esta é uma função crítica que permite que dispositivos móveis se comuniquem com redes externas.

### Por que a Alocação de IP é Importante

Cada UE recebe um **endereço IP único** do PGW-C que:

- Identifica o dispositivo na rede
- Roteia tráfego de/para o dispositivo
- Permite cobrança e aplicação de políticas
- Persiste durante a duração da conexão PDN

## Versões de IP Suportadas

Versão de IP	Suporte	Descrição
IPv4	◊ Completo	Endereços IPv4 padrão
IPv6	◊ Completo	Endereços e prefixos IPv6
IPv4v6	◊ Completo	Dual-stack (tanto IPv4 quanto IPv6)

## Conceitos de Alocação de IP

### Tipo de PDN

Quando um UE solicita uma conexão PDN, ele especifica um **Tipo de PDN**:

Tipo de PDN	Descrição	Endereços Alocados
IPv4	Coneção somente IPv4	Endereço IPv4 único
IPv6	Coneção somente IPv6	Prefixo IPv6 (ex.: /64)
IPv4v6	Coneção dual-stack	Endereço IPv4 e prefixo IPv6

### Métodos de Alocação

O PGW-C suporta dois métodos de alocação de IP:

#### 1. Alocação Dinâmica (Mais Comum):

- O PGW-C seleciona IP do pool configurado
- Seleção aleatória para evitar previsibilidade
- Detecção de colisão garante exclusividade

#### 2. Alocação Estática:

- UE solicita IP específico na mensagem GTP-C
- O PGW-C valida a disponibilidade
- Util para dispositivos empresariais com IPs fixos

### Seleção de Sub-rede Baseada em APN

Diferentes APNs (Nomes de Ponto de Acesso) podem usar diferentes pools de IP:

#### Benefícios:

- **Segregação de Tráfego** - Diferentes APNs roteiam para diferentes redes
- **Diferenciação de Políticas** - Aplicar políticas diferentes por APN
- **Planejamento de Capacidade** - Dimensionar pools com base no uso esperado
- **Cobrança** - Rastrear uso por tipo de serviço

### Registro de Endereços

O Registro de Endereços rastreia IPs alocados:

Função	Descrição
Registro	Mapeia IP da UE – PID do Processo de Sessão
Consulta	Encontrar sessão pelo IP da UE
Deregistro	Liberar IP quando a sessão termina
Detecção de Colisão	Prevenir alocações duplicadas

## Configuração

### Configuração Básica

Edite config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,  
  ue: %  
    subnet_map: %{{  
      # APN "internet" usa duas sub-redes  
      "internet" => [  
        "100.64.1.0/24",   # 254 IPs utilizáveis  
        "100.64.2.0/24"   # 254 IPs utilizáveis  
      ],  
      # APN "ims" usa uma sub-rede  
      "ims" => [  
        "100.64.10.0/24"  
      ],  
      # Pool padrão para APNs desconhecidas  
      default: [  
        "42.42.42.0/24"  
      ]  
    }},  
  }
```

### Notação de Sub-rede

**Notação CIDR:** <rede>/<comprimento\_do\_prefixo>

CIDR IPs Utilizáveis	Faixa de Exemplo
/24 254	100.64.1.1 - 100.64.1.254
/23 510	100.64.0.1 - 100.64.1.254
/22 1022	100.64.0.1 - 100.64.3.254
/20 4094	100.64.0.1 - 100.64.15.254
/16 65534	100.64.0.1 - 100.64.255.254

### Notas:

- O endereço de rede (ex.: 100.64.1.0) não é alocado
- O endereço de broadcast (ex.: 100.64.1.255) não é alocado

- O PGW-C aloca de <rede> + 1 a <broadcast> - 1

#### Múltiplas Sub-redes por APN

##### Balanceamento de Carga Entre Sub-redes:

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      "100.64.1.0/24",
      "100.64.2.0/24",
      "100.64.3.0/24",
      "100.64.4.0/24"
    ]
  }
}
```

##### Método de Seleção:

- O PGW-C seleciona aleatoriamente uma sub-rede da lista
- Fornece balanceamento básico de carga
- Cada sessão seleciona uma sub-rede de forma independente

##### Benefícios:

- Distribuir carga entre várias sub-redes
- Expansão de capacidade mais fácil (adicionar novas sub-redes)
- Flexibilidade para políticas de roteamento

#### Exemplo do Mundo Real

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    # Acesso geral à internet
    "internet" => [
      "100.64.0.0/20"      # 4094 IPs para uso geral
    ],
    # IMS (Voz sobre LTE)
    "ims" => [
      "100.64.16.0/22"     # 1022 IPs para IMS
    ],
    # APN Empresarial
    "enterprise.corp" => [
      "10.100.0.0/16"       # 65534 IPs para a empresa
    ],
    # Dispositivos IoT (baixa taxa de bits)
    "iot.m2m" => [
      "100.64.20.0/22"      # 1022 IPs para IoT
    ],
    # Fallback padrão
    default: [
      "42.42.42.0/24"       # 254 IPs para APNs desconhecidas
    ]
  }
}
```

#### Configuração de IPv6

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      # Pools IPv4
      "100.64.1.0/24"
    ],
    "internet.ipv6" => [
      # Pools IPv6 (delegação de prefixo)
      "2001:db8:1::/48"
    ],
    default: [
      "42.42.42.0/24"
    ]
  }
}
```

##### Delegação de Prefixo IPv6:

- O UE normalmente recebe um prefixo /64
- Permite que o UE atribua múltiplos IPs (ex: para tethering)
- Exemplo: UE recebe 2001:db8:1:a::/64

#### Configuração de Dual-Stack (IPv4v6)

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      "100.64.1.0/24",
      "2001:db8:1::/48"      # Pool IPv6 (será usado para alocação IPv6)
    ]
  }
}
```

##### Alocação Dual-Stack:

- O UE solicita Tipo de PDN: IPv4v6
- O PGW-C aloca tanto o endereço IPv4 quanto o prefixo IPv6
- Ambos os endereços ativos simultaneamente

## Processo de Alocação

A alocação de IP ocorre durante a criação da sessão quando o PGW-C recebe um Pedido de Criação de Sessão via a interface S5/S8. Veja [Interface S5/S8](#) para detalhes da mensagem GTP-C e [Gerenciamento de Sessão](#) para o ciclo de vida da sessão.

### Passo a Passo: Alocação Dinâmica de IPv4

#### Como Funciona

##### Processo de Alocação Dinâmica:

- Consulta de Sub-rede:** O sistema recupera sub-redes configuradas para a APN solicitada
- Seleção Aleatória:** Uma sub-rede é selecionada aleatoriamente da lista disponível
- Geração de IP:** Um IP aleatório é gerado dentro da faixa da sub-rede
- Verificação de Exclusividade:** O sistema verifica se o IP não foi alocado
- Lógica de Retentativa:** Se uma colisão for detectada, tentativas de até 100 vezes com um novo IP aleatório
- Registro:** Uma vez encontrado um IP único, ele é registrado na sessão

#### Pontos de Design Chave:

- **Máximo de 100 tentativas:** Previne loops infinitos quando o pool está quase esgotado
- **Seleção aleatória:** Evita padrões previsíveis de atribuição de IP para segurança
- **Operações atómicas:** O registro baseado em processos garante que não haja alocações duplicadas
- **Fallback para padrão:** Se a APN não for encontrada na configuração, usa o pool padrão

#### Manipulação de Colisões

**Cenário:** Duas sessões tentam alocar o mesmo IP simultaneamente

**Como a Prevenção de Colisões Funciona:**

- O registro processa os pedidos um de cada vez (serializado)
- Nenhuma condição de corrida é possível
- O primeiro pedido a registrar um IP tem sucesso
- Pedidos subsequentes para o mesmo IP são rejeitados
- Sessões rejeitadas automaticamente tentam novamente com um novo IP aleatório

#### Fallback de Sub-rede Padrão

**Cenário:** UE solicita APN desconhecida

**Exemplo de Configuração:**

```
# Config
subnet_map: %{
    "internet" => ["100.64.1.0/24"],
    default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

**Comportamento:**

- UE solicita APN: "unknown.apn"
- O sistema procura "unknown.apn" no subnet\_map
- Não encontrado, então recorre ao pool padrão
- Aloca IP do 42.42.42.0/24

**Lógica de Fallback:**

1. Primeiro, tenta encontrar o pool específico da APN na configuração
2. Se não encontrado, usa o pool default
3. Se nenhum padrão configurado, a alocação falha

#### Desalocação na Término da Sessão

**Limpeza Automática:**

- Quando o processo da sessão termina, o registro faz a limpeza
- O IP imediatamente disponível para novas alocações
- Nenhuma intervenção manual necessária

## Tópicos Avançados

### Esgotamento do Pool

**Cenário:** Todos os IPs no pool estão alocados

```
Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs utilizáveis)
Alocados: 254 IPs
Novo pedido chega → Esgotamento
```

**O que Acontece:**

1. O PGW-C tenta 100 alocações aleatórias
2. Todas as tentativas encontraram IP já alocado
3. Retorna: {error, :ue\_ip\_address\_allocation\_failed}
4. A criação da sessão falha
5. O SGW-C recebe a resposta de erro

**Prevenção:**

```
# Monitorar a utilização do pool
address_registry_count / total_pool_size > 0.8 # Alerta em 80%
# Expandir o pool antes do esgotamento
"internet" => [
    "100.64.1.0/24",
    "100.64.2.0/24", # Adicionar sub-rede adicional
    "100.64.3.0/24"
]
```

### Alocação Estática de IP

**Caso de Uso:** Dispositivo empresarial precisa de IP fixo

**Formato da Mensagem GTP-C:**

```
Create Session Request
└── IMSI: 310260123456789
└── APN: enterprise.corp
└── PDN Address Allocation (IE)
    └── PDN Type: IPv4
        └── IPv4 Address: 10.100.0.50 ← UE solicita IP específico
```

**Processamento do OmniPGW:**

1. **Extrair IP Solicitado:** Analisar o IE de Alocação de Endereço PDN do pedido
2. **Validar IP:** Verificar se o IP solicitado está no pool configurado para esta APN
3. **Verificar disponibilidade:** Confirmar que o IP não está alocado a outra sessão
4. **Alocar ou Rejeitar:**
  - Se disponível: Alocar IP solicitado a esta sessão
  - Se indisponível: Rejeitar a sessão com o código de causa apropriado

**Resultados Possíveis:**

- **Sucesso:** UE recebe exatamente o endereço IP que solicitou
- **Falha (IP em uso):** Sessão rejeitada - IP já alocado
- **Falha (IP não está no pool):** Sessão rejeitada - IP não está na faixa configurada

### Delegação de Prefixo IPv6

**UE solicita IPv6:**

```
Create Session Request
└── PDN Type: IPv6
```

**PGW-C aloca prefixo /64:**

Prefixo Alocado: 2001:db8:1:a::/64

UE pode usar:
- 2001:db8:1:a::1
- 2001:db8:1:a::2
- ... (18 quintilhões de endereços)

**Benefícios:**

- UE pode atribuir múltiplos IPs (ex.: tethering)
- Suporta SLAAC (Configuração Automática de Endereço Stateless)
- Elimina a necessidade de NAT

### Alocação Dual-Stack

**UE solicita IPv4v6:**

```
Create Session Request
└── PDN Type: IPv4v6
```

**PGW-C aloca ambos:**

IPv4: 100.64.1.42
IPv6: 2001:db8:1:a::/64

**Manipulação de Tráfego:**

- O tráfego IPv4 usa o endereço IPv4
- O tráfego IPv6 usa o prefixo IPv6
- Ambos ativos simultaneamente

- Túneis GTP separados (ou túnel dual-stack)

### Endereços IP Privados vs. Públicos

#### Pools de IP Privados (RFC 1918):

```
# Não roteáveis na internet pública
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "10.0.0.0/8",
    "172.16.0.0/12",
    "192.168.0.0/16"
  ]
}
```

Requer NAT no PGW-U para acessar a internet

#### Pools de IP Públicos:

```
# IPs públicos roteáveis (exemplo apenas)
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "203.0.113.0/24" # Bloco de IP público
  ]
}
```

NAT não é necessário - roteamento direto para a internet

#### Recomendação:

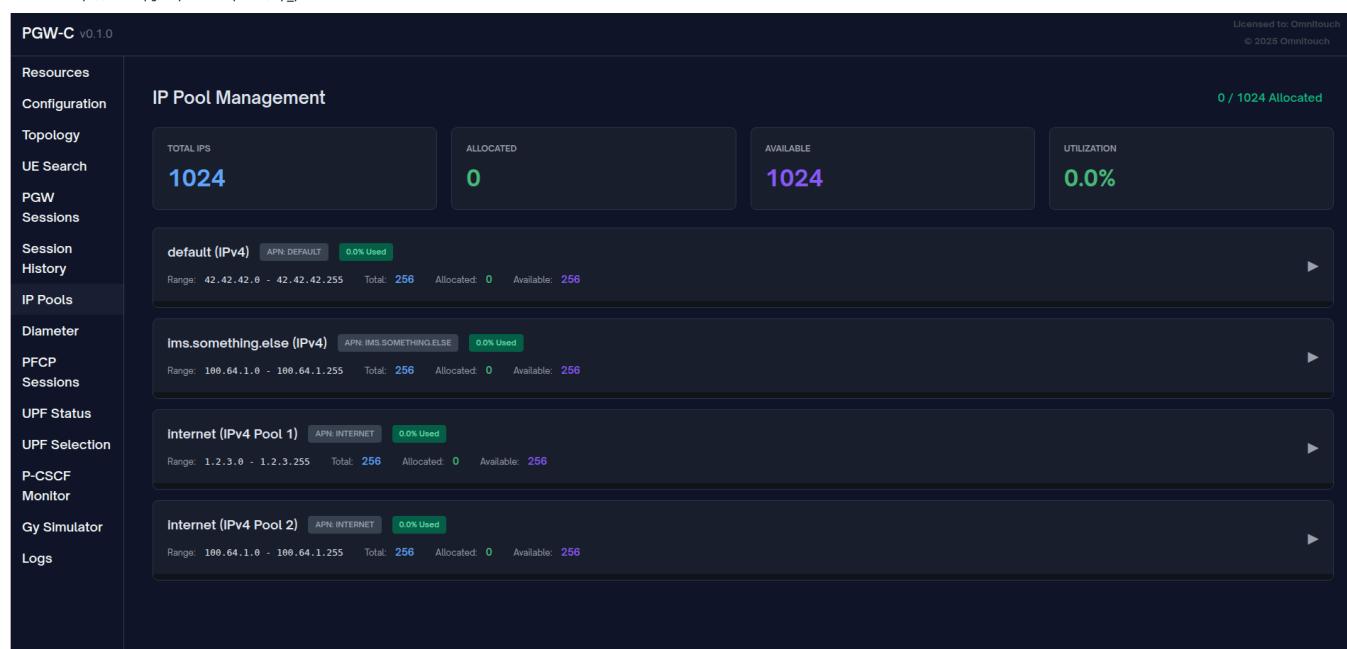
- Use IPs privados (RFC 6598): 100.64.0.0/10 (NAT de Grau de Operadora)
- Reserve IPs públicos apenas para serviços especiais

## Monitoramento

### UI Web - Gerenciamento de Pool de IP

O OmniPGW fornece uma interface web em tempo real para monitorar a alocação e utilização do pool de IP.

Acesso: [http://<omnippgw-ip>:<web-port>/ip\\_pools](http://<omnippgw-ip>:<web-port>/ip_pools)



#### Recursos:

##### 1. Visão Geral do Pool

- Total de IPs em todos os pools
- Endereços atualmente alocados
- IPs disponíveis restantes
- Porcentagem de utilização em tempo real

##### 2. Status do Pool por APN

- Cada pool configurado exibe:
- Nome do Pool - Identificador da APN (ex.: "default", "ims.something.else", "Internet")
  - Rótulo da APN - Insignia do nome da APN configurada
  - Faixa de IP - Notação CIDR mostrando a faixa da sub-rede
  - Utilização - Indicador visual mostrando o porcentagem utilizada
  - Estatísticas de Alocação:
    - Total: Número de IPs no pool
    - Alocados: IPs atualmente atribuídos
    - Disponíveis: IPs restantes para alocação

##### 3. Atualizações em Tempo Real

- Atualização automática a cada 2 segundos
- Nenhum recarregamento de página necessário
- Rastreamento de utilização ao vivo

#### Casos de Uso:

- Verificação rápida de capacidade antes da manutenção
- Identificar pools que se aproximam do esgotamento
- Verificar configuração do pool
- Monitorar padrões de alocação por APN

#### Métricas Chave

##### Contagem do Registro de Endereços:

```
# IPs atualmente alocados
address_registry_count

# Utilização do pool (requer cálculo)
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

##### Exemplo:

```

Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs)
Alocados: 150 IPs
Utilização: 150 / 254 = 59%

Alertas

# Alerta sobre alta utilização do pool
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200 # Para pool /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Utilização do pool de IP da UE acima de 80%"
    description: "Atual: {{ $value }} / 254 IPs alocados"

# Alerta sobre esgotamento do pool
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254 # Para pool /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Pool de IP da UE esgotado - nenhum IP disponível"

# Alerta sobre falhas de alocação
- alert: UEIPAllocationFailures
  expr: rate(ue_ip_allocation_failures_total[5m]) > 0
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Falhas de alocação de IP da UE ocorrendo"

```

## Dashboard do Grafana

### Painel 1: Utilização do Pool de IP

```
# Gauge mostrando porcentagem
(address_registry_count / 254) * 100
```

### Painel 2: IPs Alocados ao Longo do Tempo

```
# Série temporal
address_registry_count
```

### Painel 3: Taxa de Alocação

```
# Taxa de novas alocações
rate(address_registry_count[5m])
```

### Painel 4: Risco de Esgotamento do Pool

```
# Dias até o esgotamento (com base na taxa atual)
(254 - address_registry_count) / rate(address_registry_count[1h])
```

## Solução de Problemas

### Problema 1: Estabelecimento de Sessão Falha (Nenhum IP Disponível)

#### Sintomas:

- Resposta de Criação de Sessão: Causa "Pedido rejeitado"
- Log: "Falha na alocação de endereço IP da UE"

#### Possíveis Causas:

##### 1. Pool Esgotado

```
# Verificar alocação atual
curl http://<pgw_c_ip>:42069/metrics | grep address_registry_count
```

##### 2. Erro de Configuração

```
# Verificar configuração da sub-rede
config :pgw_c,
  ue: '%'
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24" # Garantir CIDR válido
      ]
    }
```

##### 3. Erro de Configuração da APN

```
# Se a APN não for encontrada, recorre ao padrão
# Garantir que o pool padrão existe
subnet_map: %{
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

#### Resolução:

- Expandir pool:** Adicionar mais sub-redes
- Limpar sessões obsoletas:** Reiniciar o PGW-C para liberar IPs vazados
- Verificar configuração:** Checar runtime.exe em busca de erros de digitação

### Problema 2: Colisão de Endereço IP

#### Sintomas:

- Dois UEs recebem o mesmo IP (muito raro)
- Problemas de roteamento

#### Causa:

- Bug no Registro de Endereços (não deveria acontecer)

#### Depuração:

```
# Verificar IPs duplicados nos logs
grep "already_registered" /var/log/pgw_c.log
```

#### Resolução:

- Deve se corrigir automaticamente (segunda sessão tenta novamente)
- Se persistente, relatar bug

### Problema 3: Pool de IP Errado Usado

#### Sintomas:

- UE recebe IP de sub-rede inesperada
- APN "internet" recebe IP do pool "ims"

#### Causa:

- Configuração incorreta do subnet\_map

#### Verificar:

```
# Verificar correspondência exata da string APN
subnet_map: %{
  "internet" => [...], # Sensível a maiúsculas
  "Internet" => [...] # APN diferente!
}
```

#### Resolução:

- Garantir que os nomes das APNs correspondam exatamente (sensíveis a maiúsculas)
- Usar pool padrão para captura

#### Problema 4: Falha na Alocação de IPv6

##### Sintomas:

- UE solicita IPv6, recebe erro

##### Possíveis Causas:

###### 1. Nenhum pool IPv6 configurado

```
# Sub-redes IPv6 ausentes
subnet_map: %{
    "internet" => [
        "100.64.1.0/24" # Apenas IPv4
    ]
}
```

###### 2. Prefixo IPv6 inválido

```
# Prefixo muito pequeno (deve ser /48 ou maior)
"internet" => [
    "2001:db8::/128" # Errado - sem espaço para alocação
]
```

##### Resolução:

```
# Adicionar pool IPv6
subnet_map: %{
    "internet" => [
        "100.64.1.0/24",
        "2001:db8:1:/48" # Pool IPv6
    ]
}
```

#### Problema 5: Alta Utilização do Pool

##### Sintomas:

- Aproximando-se do esgotamento do pool
- address\_registry\_count se aproximando do máximo

##### Medidas Proativas:

###### 1. Adicionar Sub-redes:

```
"internet" => [
    "100.64.1.0/24", # Existente
    "100.64.2.0/24", # Nova sub-rede (adiciona 254 IPs)
    "100.64.3.0/24" # Nova sub-rede (adiciona 254 IPs)
]
```

###### 2. Usar Sub-redes Maiores:

```
# Substituir /24 por /22
"internet" => [
    "100.64.0.0/22" # 1022 IPs utilizáveis
]
```

###### 3. Limpeza de Sessões:

- Monitorar sessões obsoletas
- Garantir o manuseio adequado do Pedido de Exclusão de Sessão

---

## Melhores Práticas

### Planejamento de Capacidade

#### Calcular o tamanho do pool necessário:

Usuários simultâneos esperados: 10.000  
Pico de concorrência: 30% (3.000 sessões simultâneas)  
Buffer de crescimento: 50%  
IPs necessários:  $3.000 * 1.5 = 4.500$  IPs

Sub-rede: /20 (4.094 IPs utilizáveis) - Muito pequeno  
Sub-rede: /19 (8.190 IPs utilizáveis) - Suficiente

### Seleção de Sub-rede

#### Recomendado:

- Usar 100.64.0.0/10 (RFC 6598 - NAT de Grau de Operadora)
- Fornecer 4 milhões de IPs
- Reservado para NAT de provedores de serviços

#### Evitar:

- IPs públicos (caros, limitados)
- Faixas privadas comuns que conflitam com VPNs empresariais

### Layout de Configuração

```
config :pgw_c,
ue: %{
    subnet_map: %{
        # APN principal de internet - pool grande
        "internet" => [
            "100.64.0.0/18" # 16.382 IPs
        ],
        # IMS - pool dedicado menor
        "ims" => [
            "100.64.64.0/22" # 1.022 IPs
        ],
        # Empresarial - pool médio
        "enterprise.corp" => [
            "100.64.68.0/22" # 1.022 IPs
        ],
        # IoT - pool grande para muitos dispositivos
        "iot.m2m" => [
            "100.64.72.0/20" # 4.094 IPs
        ],
        # Padrão - fallback pequeno
        default: [
            "100.64.127.0/24" # 254 IPs
        ]
    }
}
```

---

## Documentação Relacionada

### Configuração

- [Guia de Configuração](#) - Configuração do pool de IP da UE, mapeamento de sub-rede da APN
- [Configuração PCO](#) - DNS, P-CSCF, MTU entregues com o endereço IP
- [Gerenciamento de Sessão](#) - Ciclo de vida da sessão, alocação de IP durante a configuração da PDN
- [Interface PCP](#) - Atribuição de endereço da UE via PCP para UPF

#### **Planejamento de Rede**

- [Interface S5/S8](#) - Entrega de endereço IP via GTP-C
- [Interface Diameter Gx](#) - Controle de políticas para alocação de IP

#### **Operações**

- [Guia de Monitoramento](#) - Métricas de utilização do pool de IP, rastreamento de alocação
- [Formato de CDR de Dados](#) - Endereços IP da UE em CDRs para correlação de cobrança

---

[Voltar ao Guia de Operações](#)