

# Guia de Operações do OmniSGW

**OmniSGW - Gateway de Serviço (SGW)**

*por Omnitouch Network Services*

---

## Índice

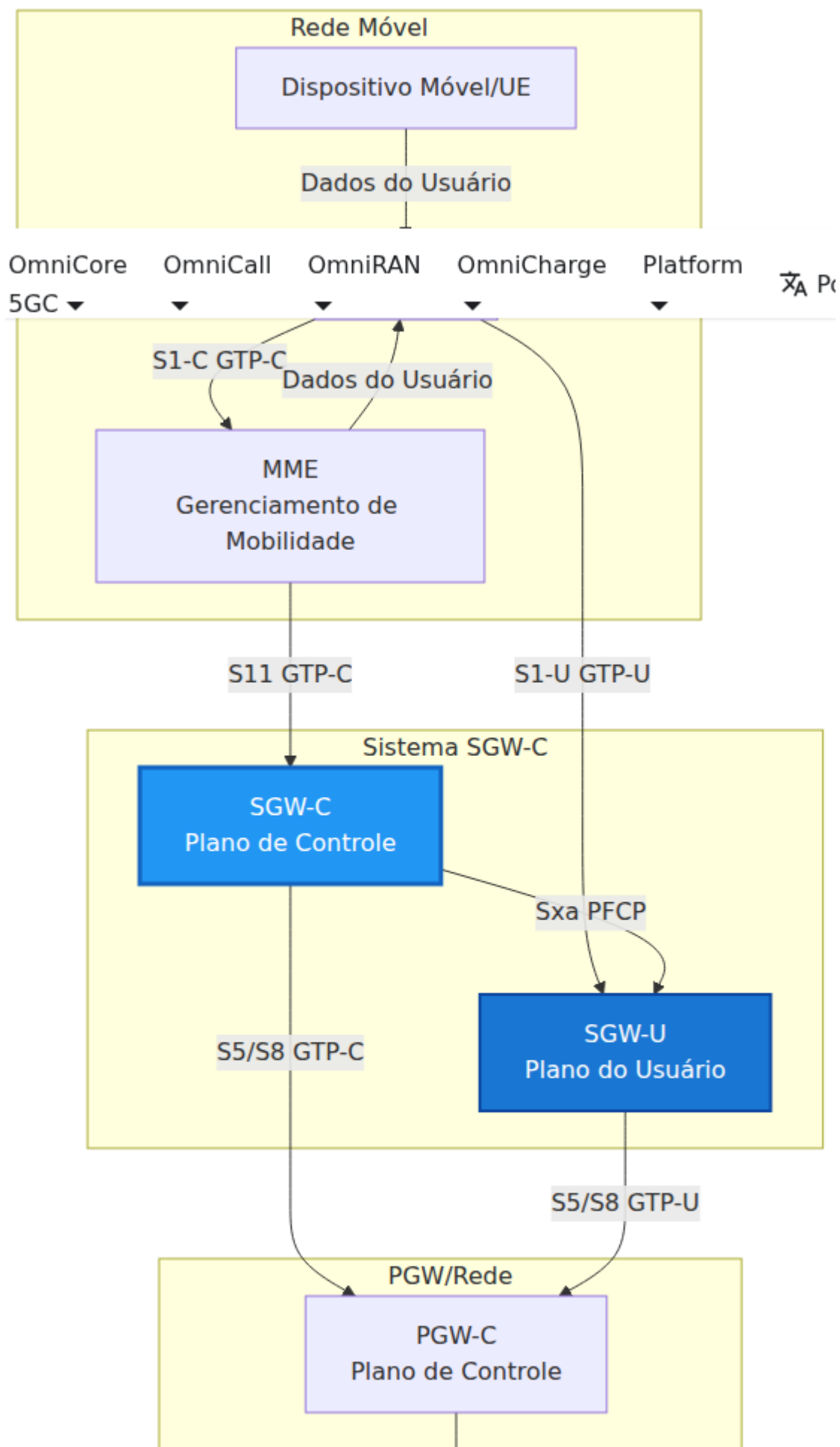
1. [Visão Geral](#)
  2. [Arquitetura](#)
  3. [Interfaces de Rede](#)
  4. [Conceitos Chave](#)
  5. [Introdução](#)
  6. [Configuração](#)
  7. [Web UI - Painel de Operações em Tempo Real](#)
  8. [Monitoramento & Métricas](#)
  9. [Documentação Detalhada](#)
  10. [Recursos Adicionais](#)
- 

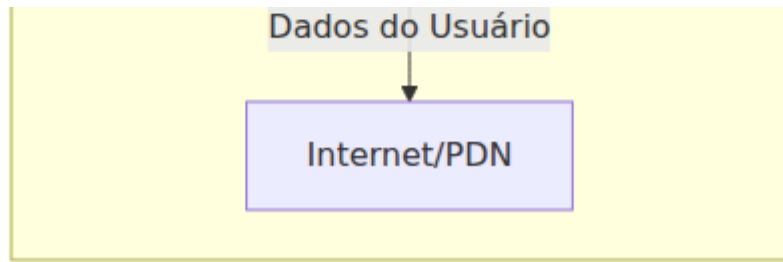
## Visão Geral

**OmniSGW** é uma implementação de Gateway de Serviço (SGW) de alto desempenho para redes 3GPP LTE Evolved Packet Core (EPC), desenvolvida pela Omnitouch Network Services. Ele gerencia as funções de mobilidade de UE e gerenciamento de bearer, incluindo:

- **Gerenciamento de Sessão** - Criar, modificar e encerrar sessões de dados de UE (Equipamento do Usuário)

- **Coordenação de Mobilidade** - Gerenciar transferências entre eNodeBs com encaminhamento de dados
- **Gerenciamento de Bearer** - Criar e modificar bearers dedicados para diferentes requisitos de QoS
- **Informações de Cobrança** - Rastrear eventos de sessão para cobrança offline
- **Coordenação do Plano do Usuário** - Controlar o SGW-U (Plano do Usuário) para encaminhamento de pacotes





## O que o SGW-C Faz

- **Aceita solicitações de sessão** do MME via interface S11 (GTP-C)
  - **Coordena com o PGW-C** para conectividade PDN via interface S5/S8 (GTP-C)
  - **Gerencia o ciclo de vida do bearer** incluindo criação, modificação e exclusão
  - **Programa regras de encaminhamento** no SGW-U via interface Sxa (PFCP)
  - **Gerencia a mobilidade da UE** controlando transferências entre eNodeBs
  - **Fornece paginação de dados de downlink** para sessões suspensas
  - **Rastreia informações de cobrança** para sistemas de faturamento offline
-

# Arquitetura

## Visão Geral dos Componentes



## Arquitetura de Processos

O SGW-C é construído sobre Elixir/OTP e utiliza uma arquitetura de processos supervisionados:

- **Supervisor de Aplicação** - Supervisor de nível superior que gerencia todos os componentes

- **Corretores de Protocolo** - Manipulam mensagens de protocolo de entrada/saída (S11, S5/S8, Sxa)
- **Processos de Sessão** - Um GenServer por sessão ativa de UE
- **Registros** - Rastreiam recursos alocados (TEIDs, SEIDs, IDs de Cobrança, etc.)
- **Gerenciador de Nó PFCP** - Mantém associações PFCP com peers SGW-U

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

Métricas de saúde do sistema em tempo real podem ser monitoradas através da página da Aplicação Web UI:

---

## Interfaces de Rede

O SGW-C implementa três interfaces principais 3GPP:

### Interface S11 (GTP-C v2)

**Propósito:** Sinalização do plano de controle entre MME e SGW-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 Modificação de Bearer
- Solicitação/Resposta de Criação de Bearer
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Bearer
- Notificação/Aceitação de Dados de Downlink

**Configuração:** Veja [Documentação da Interface S11](#)

## Interface Sxa (PFCP)

**Propósito:** Sinalização do plano de controle entre SGW-C e SGW-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 Relatório de Sessão
- Solicitação/Resposta de Heartbeat

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

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

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

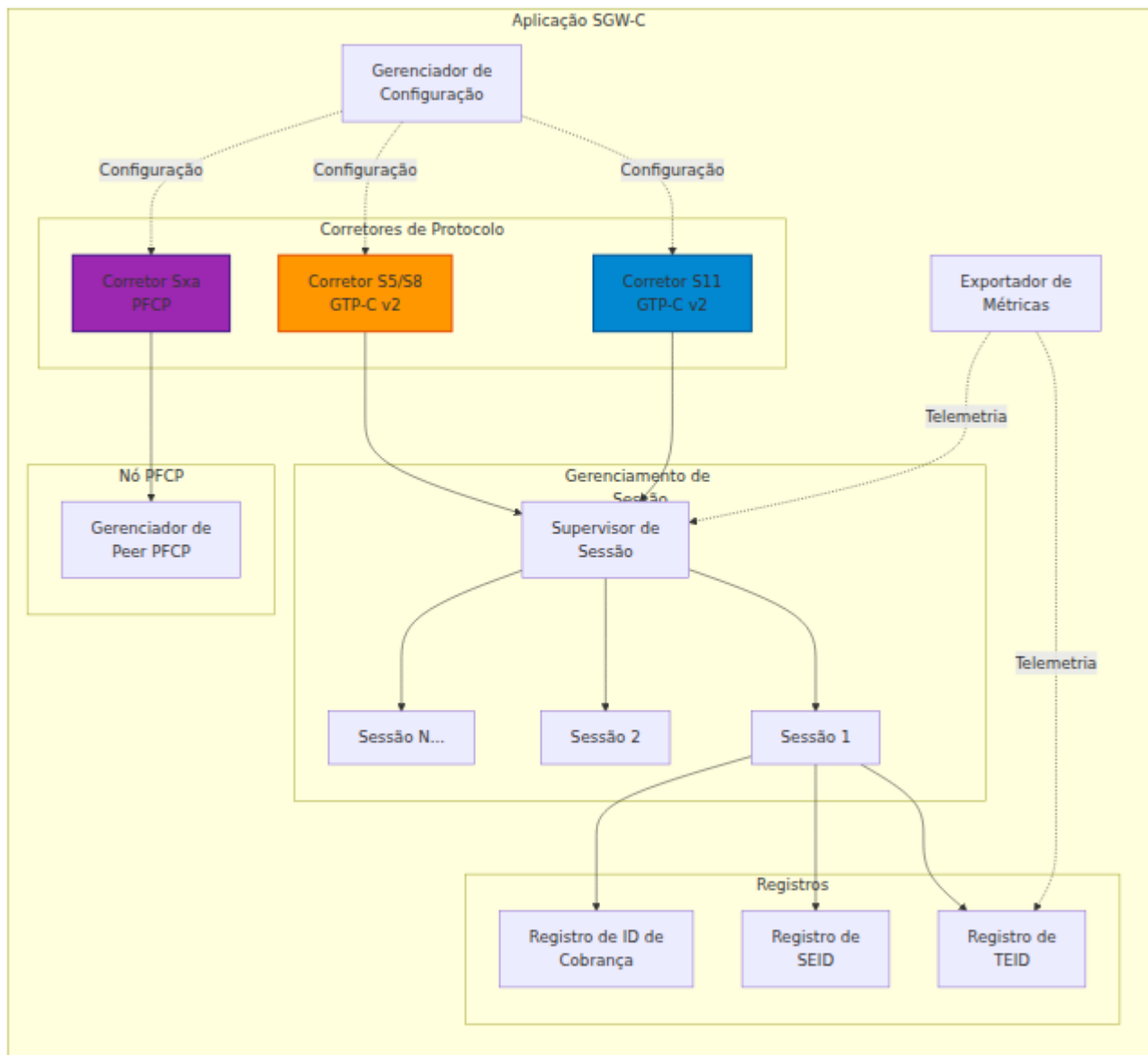
**Protocolo:** GTP-C Versão 2 sobre UDP

### Mensagens Chave:

- Solicitação/Resposta de Criação de Sessão

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

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



# Conceitos Chave

## Sessão de UE

Uma Sessão de UE representa um dispositivo móvel ativo conectado à rede. Cada sessão gerencia:

- **IMSI** (Identidade Internacional do Assinante Móvel) - Identificador único do assinante
- **GUTI** (Identificador Temporário Global Único) - Identificador temporário da UE do MME
- **MSISDN** - Número de telefone móvel
- **TAI** (Identificador da Área de Rastreamento) - Área de localização atual
- **TEIDs de Sessão** - Identificadores de ponto final de túnel para S11 e S5/S8
- **Bearers Ativos** - Lista de bearers de dados associados

## Conexão PDN

Uma Conexão PDN (Rede de Dados de Pacote) representa a conexão de dados de uma UE através de um PGW-C específico. Cada sessão tem:

- **APN** (Nome do Ponto de Acesso) - Identifica a rede externa
- **ID de Cobrança** - Identificador único para faturamento entre SGW e PGW
- **TEID** (ID de Ponto Final de Túnel) - Identificador de túnel da interface S5/S8
- **SEID** (ID de Ponto Final de Sessão) - Identificador de sessão da interface Sxa
- **Bearer Padrão** - Criado com cada conexão PDN
- **Bearers Dedicados** - Bearers adicionais para necessidades específicas de QoS

## Contexto de Bearer

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

- **Bearer Padrão** - Criado com cada conexão PDN para tráfego de melhor esforço
- **Bearers Dedicados** - Bearers adicionais para requisitos específicos de serviço (voz, vídeo, etc.)
- **EBI** (ID de Bearer EPS) - Identificador único para cada bearer dentro de uma sessão
- **Parâmetros de QoS** - QCI (Identificador de Classe de QoS), ARP (Prioridade de Alocação e Retenção), taxas de bits (MBR, GBR)

## Regras PFCP

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

- **PDR** (Regra de Detecção de Pacote) - Corresponde a pacotes (uplink/downlink)
- **FAR** (Regra de Ação de Encaminhamento) - Especifica o comportamento de encaminhamento
- **QER** (Regra de Aplicação de QoS) - Impõe limites de taxa de bits
- **BAR** (Regra de Ação de Bufferização) - Controla a bufferização de pacotes durante transferências

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

## Mobilidade & Transferência

O SGW-C suporta a mobilidade da UE entre eNodeBs:

- **Transferência Intra-MME** - Transferência dentro do mesmo MME (sem mudança de SGW)
  - **Transferência Inter-MME** - Transferência entre MMEs com realocação de SGW
  - **Encaminhamento de Dados** - Bufferização e encaminhamento de dados durante a transferência
  - **Atualização da Área de Rastreamento** - Re-registrar a UE ao se mover entre áreas
-

# Introdução

## Pré-requisitos

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

## Verificando a Operação

Verifique os logs para inicialização bem-sucedida:

```
[info] Iniciando OmniSGW...  
[info] Iniciando Exportador de Métricas em 127.0.0.40:42068  
[info] Iniciando Corretor S11 em 127.0.0.10  
[info] Iniciando Corretor S5/S8 em 127.0.0.15  
[info] Iniciando Corretor Sxa em 127.0.0.20  
[info] Iniciando Gerenciador de Nó PFCP  
[info] OmniSGW iniciado com sucesso
```

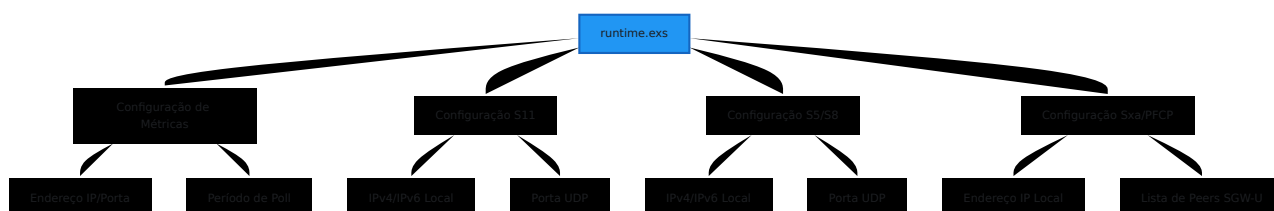
Acesse as métricas em `http://127.0.0.40:42068/metrics` (endereço configurado).

---

## 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>s11</b>     | Interface GTP-C para MME          | <a href="#">Configuração S11</a>      |
| <b>s5s8</b>    | Interface GTP-C para PGW-C        | <a href="#">Configuração S5/S8</a>    |
| <b>sxa</b>     | Interface PFCP para SGW-U         | <a href="#">Configuração Sxa</a>      |

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

## Web UI - Painel de Operações em Tempo Real

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

### Acessando a Web UI

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

**Páginas Disponíveis:**

| Página        | URL             | Propósito                                   | Taxa de Atualização |
|---------------|-----------------|---------------------------------------------|---------------------|
| Sessões de UE | /ue_sessions    | Ver todas as sessões e bearers de UE ativas | 2 segundos          |
| Sessões PFCP  | /pfcpc_sessions | Ver sessões PFCP com SGW-U                  | 2 segundos          |
| Status SGW-U  | /sgwu_status    | Monitorar associações de peers PFCP         | 2 segundos          |
| 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 OmniSGW
- Indicadores de status codificados por cores (verde/vermelho)

### Pesquisa & Filtro:

- Pesquisar sessões por IMSI, GUTI, número de telefone
- Filtragem instantânea sem recarregar a página

### Detalhes Expansíveis:

- Clique em qualquer linha para ver detalhes completos da sessão
- Inspeção de todos os bearers ativos e seus parâmetros de QoS
- Veja a configuração e capacidades do peer

### Sem Autenticação Necessária (Uso Interno):

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

## Fluxos de Trabalho Operacionais

### Solução de Problemas de Sessão:

1. Usuário relata problema de conectividade
2. Abra a página de Sessões de UE
3. Pesquise por IMSI ou número de telefone
4. Verifique se a sessão existe e tem:
  - Área de Rastreamento
  - Bearers ativos e suas QoS
  - Pontos finais de túnel estabelecidos
  - Associação correta com PGW-C
5. Se nenhuma sessão encontrada → Verifique os logs para a razão da rejeição

### Verificação de Saúde do Sistema:

1. Abra a página de Status SGW-U → Verifique se todos os peers SGW-U estão "Associados"
2. Abra Sessões de UE → Verifique a contagem de sessões ativas vs. capacidade
3. Monitore a distribuição de bearers entre APNs

### Monitoramento de Capacidade:

- Olhe a contagem de Sessões de UE
- Compare com a capacidade licenciada/esperada
- Identifique horários de pico de uso
- Monitore a distribuição por tipo de serviço

## Web UI vs. Métricas

### Use a Web UI para:

- Detalhes individuais de sessões e bearers
- 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 a longo prazo

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

---

## Monitoramento & Métricas

Além da Web UI, o OmniSGW expõe métricas compatíveis com Prometheus para monitoramento:

### Métricas Disponíveis

#### • Métricas de Sessão

- `teid_registry_count` - TEIDs S11/S5S8 ativos
- `seid_registry_count` - Sessões PFCP ativas
- `charging_id_registry_count` - IDs de cobrança ativos
- `active_ue_sessions` - Total de sessões de UE ativas
- `active_bearers` - Total de bearers ativos em todas as sessões

#### • Métricas de Mensagens

- `s11_inbound_messages_total` - Mensagens GTP-C recebidas no S11

- `s5s8_inbound_messages_total` - Mensagens GTP-C recebidas no S5/S8
- `sxa_inbound_messages_total` - Mensagens PFCP recebidas
- Distribuições de duração de manipulação de mensagens

- **Métricas de Erro**

- `s11_inbound_errors_total` - Erros de protocolo S11
- `s5s8_inbound_errors_total` - Erros de protocolo S5/S8
- `sxa_inbound_errors_total` - Erros de protocolo Sxa

## Acessando Métricas

As métricas são expostas via HTTP no endpoint configurado:

```
curl http://127.0.0.40:42068/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 OmniSGW. Os documentos estão organizados por tópico e caso de uso.

# Estrutura da Documentação

|                      |                           |                              |
|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| Documentação OmniSGW |                           |                              |
| ├──                  | OPERATIONS.md (Este Guia) |                              |
| ├──                  | docs/                     |                              |
| │   ├──              | Configuração & Setup      |                              |
| │   │   ├──          | configuration.md          | Referência completa do       |
| │   └──              | runtime.exs               |                              |
| │       ├──          | Interfaces de Rede        |                              |
| │       │   ├──      | sxa-interface.md          | Sxa/PFCP (comunicação SGW-U) |
| │       │   ├──      | s11-interface.md          | S11 (comunicação MME)        |
| │       │   └──      | s5s8-interface.md         | S5/S8 (comunicação PGW-C)    |
| │       └──          | Operações                 |                              |
| │           ├──      | session-management.md     | Ciclo de vida da sessão UE   |
| │           ├──      | bearer-management.md      | Operações de Bearer          |
| │           └──      | cdr-format.md             | Formato de registros de      |
| cobrança offline     |                           |                              |
| └──                  | monitoring.md             | Métricas Prometheus &        |
| alertas              |                           |                              |

## Documentação por Tópico

### 📖 Introdução

| Documento            | Descrição                                    | Propósito                   |
|----------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>OPERATIONS.md</b> | Guia principal de operações (este documento) | Visão geral e início rápido |

### ⚙️ Configuração

| Documento               | Descrição                          |
|-------------------------|------------------------------------|
| <b>configuration.md</b> | Referência completa do runtime.exs |

## 📁 Interfaces de Rede

| Documento                         | Descrição                        |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <a href="#">sxa-interface.md</a>  | Interface PFCP/Sxa para SGW-U    |
| <a href="#">s11-interface.md</a>  | Interface GTP-C S11 para MME     |
| <a href="#">s5s8-interface.md</a> | Interface GTP-C S5/S8 para PGW-C |

## 📁 Operações & Monitoramento

| Documento                             | Descrição                                     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <a href="#">session-management.md</a> | Ciclo de vida e operações da sessão UE        |
| <a href="#">bearer-management.md</a>  | Criação, modificação, exclusão de Bearer      |
| <a href="#">cdr-format.md</a>         | Formato de dados de cobrança offline          |
| <a href="#">monitoring.md</a>         | Métricas Prometheus, painéis Grafana, alertas |

# 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 do dia a dia

### Para Engenheiros de Rede

1. [OPERATIONS.md](#) - Visão geral da arquitetura (este documento)

2. [sxa-interface.md](#) - Controle do plano do usuário
3. [s11-interface.md](#) - Gerenciamento móvel
4. [s5s8-interface.md](#) - Conectividade PDN
5. [session-management.md](#) - Ciclo de vida da sessão
6. [bearer-management.md](#) - Operações de Bearer

### Para Configuração & Implantação

1. [configuration.md](#) - Referência completa
  2. [monitoring.md](#) - Configurar monitoramento
- 

## Recursos Adicionais

### Especificações 3GPP

| Especificação | Título                            |
|---------------|-----------------------------------|
| TS 29.274     | GTP-C v2 (interfaces S11 e S5/S8) |
| TS 29.244     | PFCP (interface Sxa)              |
| TS 32.251     | Cobrança do domínio de Pacotes    |
| TS 32.298     | Codificação de CDR                |
| TS 23.401     | Arquitetura EPC                   |

# Formato de Registro de Dados de Cobrança (CDR)

## Cobrança Offline para SGW-C

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

---

## 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 para o Plano de Controle do Gateway de Serviço (SGW-C). Os CDRs são gerados para registrar eventos de sessão de bearer, uso de dados e informações de assinantes para fins de faturamento e análise.

Este formato comum é compatível com os CDRs do PGW-C, garantindo 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
- **Gravação baseada em eventos** - Captura eventos de início, atualização e término do bearer
- **Medição de volume** - Registra o uso de dados de uplink e downlink
- **Rotação automática** - Rotação de arquivos configurável com base em intervalos de tempo
- **Compatível 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>                    | Analisar padrões de uso dos assinantes        |
| <b>Rastro de Auditoria</b>        | Rastrear todos os eventos de sessão de bearer |
| <b>Planejamento de Capacidade</b> | Monitorar a utilização de recursos da rede    |
| <b>Solução de Problemas</b>       | Depurar problemas de sessão e bearer          |

---

# Formato do Arquivo CDR

## Convenção de Nomenclatura de Arquivo

```
<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

### Diretório padrão:

- 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:

```
# Data CDR File:
# File Start Time: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# File End Time: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Gateway Name: <gateway_name>
#
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci
```

### Campos do Cabeçalho:

- **File Start Time** - Quando o arquivo CDR foi criado (legível por humanos e timestamp Unix)
  - **File End Time** - Quando a rotação do arquivo ocorrerá (legível por humanos e timestamp Unix)
  - **Gateway Name** - Identificador para a instância SGW-C
  - **Column Headers** - Nomes dos campos CSV para os registros de dados
-

# Campos do CDR

## Resumo dos Campos

| Posição | Nome do Campo | Tipo    | Descrição                                                   |
|---------|---------------|---------|-------------------------------------------------------------|
| 0       | epoch         | inteiro | Timestamp do evento (segundos da época Unix)                |
| 1       | imsi          | string  | Identidade Internacional do Assinante Móvel                 |
| 2       | event         | string  | Tipo de evento do CDR (por exemplo, "default_bearer_start") |
| 3       | charging_id   | inteiro | Identificador de cobrança único para o bearer               |
| 4       | msisdn        | string  | Número ISDN da Estação Móvel (número de telefone)           |
| 5       | ue_imei       | string  | Identidade Internacional do Equipamento Móvel               |
| 6       | timezone_raw  | string  | Fuso horário do UE (reservado, atualmente vazio)            |
| 7       | plmn          | inteiro | Identificador da Rede Móvel Pública                         |
| 8       | tac           | inteiro | Código da Área de Rastreamento                              |
| 9       | eci           | inteiro | Identificador da Célula E-UTRAN                             |
| 10      | sgw_ip        | string  | Endereço IP do plano de controle S5/S8 do SGW-C             |

| Posição | Nome do Campo | Tipo    | Descrição                                       |
|---------|---------------|---------|-------------------------------------------------|
| 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           | inteiro | Identificador da Classe de QoS                  |
| 15      | octets_in     | inteiro | Volume de dados de downlink (bytes)             |
| 16      | octets_out    | inteiro | 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 Gera                                      |
|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| Início do Bearer      | <code>&lt;type&gt;_bearer_start</code>  | Estabelecimento do bearer      | Resposta de Criação de Sessão enviada            |
| Atualização do Bearer | <code>&lt;type&gt;_bearer_update</code> | Relato de uso durante a sessão | Relatórios de uso periódicos do plano de usuário |
| Término do Bearer     | <code>&lt;type&gt;_bearer_end</code>    | Término do bearer              | Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão       |

**Tipos de Bearer:**

- `default` - Bearer padrão (um por conexão PDN)
- `dedicated` - Bearer dedicado (zero ou mais por conexão PDN)

**Exemplos de Eventos**

|                                      |                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| <code>default_bearer_start</code>    | - Bearer padrão estabelecido            |
| <code>default_bearer_update</code>   | - Atualização de uso do bearer padrão   |
| <code>default_bearer_end</code>      | - Bearer padrão terminado               |
| <code>dedicated_bearer_start</code>  | - Bearer dedicado estabelecido          |
| <code>dedicated_bearer_update</code> | - Atualização de uso do bearer dedicado |
| <code>dedicated_bearer_end</code>    | - Bearer dedicado terminado             |

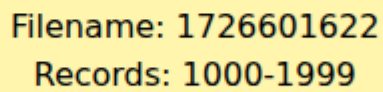
# Estrutura do Arquivo

## Exemplo de Arquivo CDR

```
# Data CDR File:
# File Start Time: 18:53:42 (1726598022)
# File End Time: 19:53:42 (1726601622)
# Gateway Name: sgw-c-prod-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726598022,310260123456789,default_bearer_start,12345,15551234567,123
1726598322,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598622,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598922,310260123456789,default_bearer_end,12345,15551234567,12345
```

## 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 cabeçalho no novo arquivo
4. Continuar gravando CDRs no novo arquivo

# Configuração

## Parâmetros de Configuração

| Parâmetro                 | Tipo    | Descrição                            | Padrão | Recomendado                          |
|---------------------------|---------|--------------------------------------|--------|--------------------------------------|
| <code>gateway_name</code> | string  | Identificador da instância SGW-C     | -      | Usar nome do host ou ID da instância |
| <code>duration</code>     | inteiro | Intervalo de rotação do arquivo (ms) | -      | 3600000 (1 hora)                     |
| <code>directory</code>    | string  | Caminho do diretório de saída do CDR | -      | <code>/var/log/sgw_c/cdrs</code>     |

## Exemplos de Configuração

### Produção:

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

### Desenvolvimento:

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

### Alto Volume:

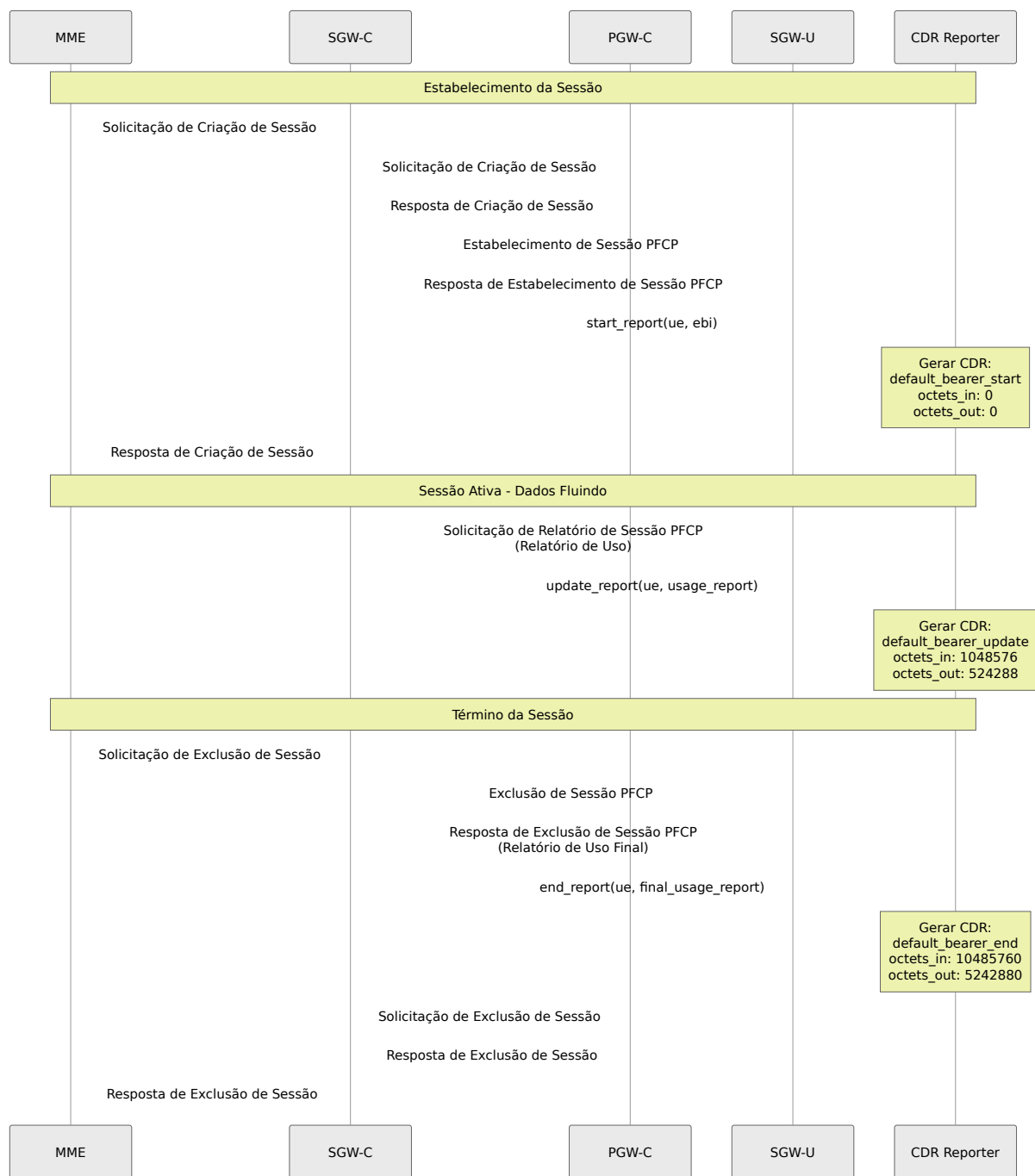
- **gateway\_name:** "sgw-c-prod-heavy"

- **duration:** 1.800.000 ms (rotação de 30 minutos)
  - **directory:** "/mnt/fast-storage/cdrs"
- 

# Fluxo de Geração do CDR

## Eventos do Ciclo de Vida do Bearer CDR

Geração de CDR do SGW-C:



# Eventos de Geração do CDR

## 1. Início do Bearer:

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

## 2. Atualização do Bearer:

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

## 3. Término do Bearer:

- **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 tempo em que o evento CDR ocorreu

**Exemplo:**

1726598022 → 2025-09-17 18:53:42 UTC

---

## 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 do 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 (EPS Bearer ID) é igual a LBI (Linked Bearer ID): default
- Se EBI não é igual a LBI: dedicated

**Fonte:** Contexto do bearer (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 bearer

---

## 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

---

**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

**Faixa:** 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)

**Faixa:** 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 (IP do Plano de Controle do SGW)

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

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

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

### Exemplo:

```
10.0.0.15      (IPv4)
2001:db8::15   (IPv6)
```

**Fonte:** Configuração local, atribuída à interface S5/S8

---

## 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|      (somente IPv4)
|2001:db8::1       (somente 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 dual-stack
- 

## 13. pgw\_ip (IP do Plano de Controle do PGW)

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

**Descrição:** Endereço IP do plano de controle S5/S8 do PGW-C (F-TEID remoto)

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

**Exemplo:**

```
10.0.0.20      (IPv4)
2001:db8::20   (IPv6)
```

**Fonte:** Recebido na Resposta de Criação de Sessão do PGW-C

---

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

**Tipo:** String (até 100 caracteres)

**Descrição:** Nome do Ponto de Acesso que identifica 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
  - Direciona 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 do bearer

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

**Valores de QCI Padronizados:**

| QCI | Tipo de Recurso | Prioridade | Atraso de Pacote | Perda de Pacote | Serviço 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 (bufferizado)      |
| 7   | Non-GBR         | 7          | 100 ms           | $10^{-3}$       | Voz, Vídeo, Jogos        |
| 8   | Non-GBR         | 8          | 300 ms           | $10^{-6}$       | Vídeo (bufferizado)      |
| 9   | Non-GBR         | 9          | 300 ms           | $10^{-6}$       | Bearer Padrão            |

**Exemplo:**

9 → Bearer padrão (esforço máximo)

**Fonte:** Parâmetros de QoS do bearer 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 PFCP do SGW-U

**Notas:**

- Acumulativo 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 PFCP do SGW-U

## Notas:

- Acumulativo 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. Bearer estabelecido
2. 5 minutos depois: Atualização de uso (10 MB down, 5 MB up)
3. Sessão terminada

### Saída do CDR:

```
# Data CDR File:
# File Start Time: 10:00:00 (1726570800)
# File End Time: 11:00:00 (1726574400)
# Gateway Name: sgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726570800,310260111111111,default_bearer_start,10001,1555111111,111
1726571100,310260111111111,default_bearer_update,10001,1555111111,11
1726571400,310260111111111,default_bearer_end,10001,1555111111,11111
```

---

## Exemplo 2: Sessão Dual-Stack com Múltiplas Atualizações

### Linha do Tempo:

1. Bearer dual-stack estabelecido (IPv4 + IPv6)

2. Múltiplas atualizações de uso
3. Sessão terminada

#### Saída do CDR:

```
1726570800,3102602222222222,default_bearer_start,10002,15552222222,222
1726571100,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571400,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571700,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726572000,3102602222222222,default_bearer_end,10002,15552222222,22222
```

## Exemplo 3: Sessão com Bearer Dedicado

#### Linha do Tempo:

1. Bearer padrão estabelecido (QCI 9)
2. Bearer dedicado criado para vídeo (QCI 6)
3. Atualizações de uso para ambos os bearers
4. Bearer dedicado excluído
5. Bearer padrão terminado

#### Saída do CDR:

```
1726570800,3102603333333333,default_bearer_start,10003,15553333333,333
1726571100,3102603333333333,dedicated_bearer_start,10004,15553333333,3
1726571400,3102603333333333,default_bearer_update,10003,15553333333,33
1726571400,3102603333333333,dedicated_bearer_update,10004,15553333333,
1726571700,3102603333333333,dedicated_bearer_end,10004,15553333333,333
1726572000,3102603333333333,default_bearer_end,10003,15553333333,33333
```

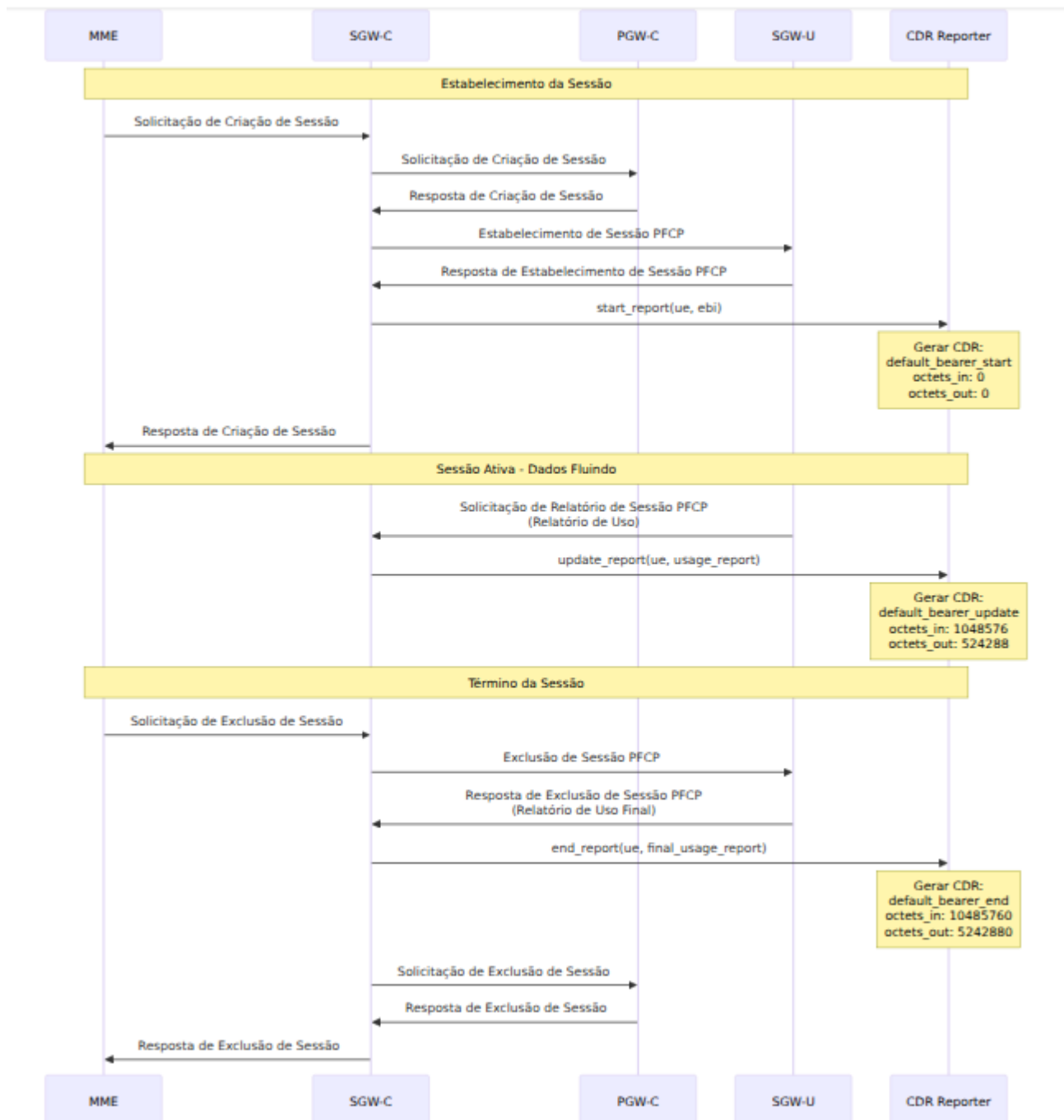
#### Análise:

- O bearer padrão (10003) transporta tráfego de fundo (10 MB down, 4 MB up)
- O bearer dedicado (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 (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/sgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

---

## Documentação Relacionada

- [Gerenciamento de Sessão](#) - Ciclo de vida da sessão
- [Interface Sxa](#) - Relato de uso do SGW-U
- [Guia de Monitoramento](#) - Métricas e alertas

---

## Referências 3GPP

- TS 32.251 - Cobrança de domínio Packet Switched (PS)
- TS 29.274 - Sistema de Pacote Evoluído (EPS) da 3GPP; Protocolo GTP-C
- TS 29.244 - Interface entre nós CP e UP (PFCP)
- TS 32.298 - Codificação de CDR

---

**Formato CDR** - *Registros de Cobrança Offline para SGW-C*

*Desenvolvido pela Omnitouch Network Services*

**Versão da Documentação: 1.0 Última Atualização: 2025-12-10**

# Guia de Configuração do SGW-C

**Referência Completa do runtime.exs**

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

---

## Índice

1. Visão Geral
  2. Estrutura de Configuração
  3. Configuração de Métricas
  4. Configuração da Interface S11
  5. Configuração da Interface S5/S8
  6. Configuração da Interface Sxa
  7. Configuração de CDR
  8. Exemplos de Implantação
- 

## Visão Geral

Toda a configuração de runtime do OmniSGW é gerenciada através de `config/runtime.exs`. Este arquivo é carregado na inicialização e controla:

- Vinculações de interface de rede e portas
- Conectividade entre pares (MME, PGW-C, SGW-U)
- Métricas e monitoramento
- Geração de CDR
- Parâmetros operacionais

**A configuração NÃO é compilada no binário** - alterações em `runtime.exs` entram em vigor na reinicialização sem recompilação.

Visualize a configuração de runtime atual através da página de Configuração da Interface Web:

---

# Estrutura de Configuração

## Estrutura Básica

```
# config/runtime.exs
import Config

config :sgw_c,
  metrics: %{ ... },
  s11: %{ ... },
  s5s8: %{ ... },
  sxa: %{ ... },
  cdr: %{ ... }
```

# Configuração de Métricas

## Configuração Básica

```
config :sgw_c,  
  metrics: %{  
    # Endereço HTTP do exportador de métricas  
    metrics_bind_address: "127.0.0.40",  
    metrics_port: 42068,  
  
    # Intervalo de polling de métricas (milissegundos)  
    poll_interval_ms: 10000  
  }
```

## Configuração de Produção

```
config :sgw_c,  
  metrics: %{  
    # Vincular à interface de rede de gerenciamento (não pública)  
    metrics_bind_address: System.get_env("MGT_IP") || "10.0.0.40",  
    metrics_port: 42068,  
  
    # Poll com frequência para painéis responsivos  
    poll_interval_ms: 5000  
  }
```

## Acessando Métricas

```
# Exportar métricas no formato Prometheus  
curl http://10.0.0.40:42068/metrics  
  
# Métricas comuns:  
# - teid_registry_count: TEIDs S11/S5S8 ativos  
# - seid_registry_count: Sessões PFCP ativas  
# - s11_inbound_messages_total: Contagem de mensagens S11  
# - sxa_inbound_messages_total: Contagem de mensagens Sxa
```

Para referência detalhada de métricas, painéis do Prometheus e configuração de alertas, consulte o [Guia de Monitoramento e Métricas](#).

---

# Configuração da Interface S11

## Configuração Básica

```
config :sgw_c,  
  s11: %{  
    # Endereço IPv4 local para S11 (interface MME)  
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",  
  
    # Opcional: Endereço IPv6 local (para dual-stack)  
    local_ipv6_address: nil,  
  
    # Opcional: Substituir a porta padrão  
    local_port: 2123,  
  
    # Timeout de mensagem (milissegundos)  
    message_timeout_ms: 5000,  
  
    # Configuração de tentativas  
    max_retries: 3,  
    retry_backoff_ms: 1000  
  }
```

## Seleção de Interface de Rede

```
# Interface única (recomendado)
config :sgw_c,
  s11: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10" # Interface única para S11
  }

# Interface dupla (redes de controle e plano de usuário separadas)
config :sgw_c,
  s11: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10" # Rede do plano de controle
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: "10.1.0.20" # Rede do plano de usuário
  }
```

## Configuração de Tempo de Mensagem

```
config :sgw_c,
  s11: %{
    # Para redes de alta latência (> 100ms RTT)
    message_timeout_ms: 10000,
    max_retries: 5,
    retry_backoff_ms: 2000,

    # Para redes de baixa latência (< 50ms RTT)
    message_timeout_ms: 3000,
    max_retries: 2,
    retry_backoff_ms: 500
  }
```

---

# Configuração da Interface S5/S8

## Configuração Básica

```
config :sgw_c,  
  s5s8: %{  
    # Endereço IPv4 local para S5/S8 (interface PGW)  
    local_ipv4_address: "10.0.0.15",  
  
    # Opcional: Endereço IPv6 local  
    local_ipv6_address: nil,  
  
    # Opcional: Substituir a porta padrão  
    local_port: 2123,  
  
    # Pares PGW-C  
    pgw_peers: [  
      %{  
        ip_address: "10.0.0.20",  
        name: "pgw-c-primary"  
      },  
      %{  
        ip_address: "10.0.0.21",  
        name: "pgw-c-secondary"  
      }  
    ],  
  
    # Timeouts de mensagem  
    message_timeout_ms: 5000,  
    max_retries: 3,  
    retry_backoff_ms: 1000  
  }  
}
```

# Configuração de Par PGW

```
# PGW único
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    pgw_peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.20",
        name: "pgw-c-prod"
      }
    ]
  }

# PGWs redundantes (balanceados)
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-1"},
      %{ip_address: "10.0.0.21", name: "pgw-c-2"},
      %{ip_address: "10.0.0.22", name: "pgw-c-3"}
    ]
  }

# PGWs redundantes (ativo-em-espera)
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-primary"},
      %{ip_address: "10.0.0.21", name: "pgw-c-backup"}
    ]
  }
```

---

# Configuração da Interface Sxa

## Configuração Básica

```
config :sgw_c,  
  sxa: %{  
    # Endereço IP local para a interface Sxa  
    local_ip_address: "10.0.0.20",  
  
    # Opcional: Substituir a porta padrão  
    local_port: 8805,  
  
    # Pares SGW-U  
    peers: [  
      %{  
        ip_address: "10.0.0.30",  
        node_id: "sgw-u-1.example.com"  
      }  
    ],  
  
    # Intervalo de heartbeat (segundos)  
    heartbeat_interval_s: 20,  
  
    # Timeout de sessão (milissegundos)  
    session_timeout_ms: 5000,  
  
    # Tentativas  
    max_retries: 3  
  }
```

## Configuração de Par SGW-U

```
# SGW-U único
config :sgw_c,
  sxa: %{
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-prod-01"
      }
    ]
  }

# SGW-Us redundantes
config :sgw_c,
  sxa: %{
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-prod-01"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.31",
        node_id: "sgw-u-prod-02"
      }
    ]
  }
}
```

# Configuração de Heartbeat

```
# Detecção rápida (agressiva)
config :sgw_c,
  sxa: %{
    heartbeat_interval_s: 10,
    max_retries: 2
  }

# Detecção normal (balanceada)
config :sgw_c,
  sxa: %{
    heartbeat_interval_s: 20,
    max_retries: 3
  }

# Detecção lenta (flexível)
config :sgw_c,
  sxa: %{
    heartbeat_interval_s: 40,
    max_retries: 5
  }
```

---

# Configuração de CDR

## Configuração Básica

```
config :sgw_c,  
  cdr: %{  
    # Identificador do gateway nos CDRs  
    gateway_name: "sgw-c-prod-01",  
  
    # Intervalo de rotação de arquivos (milissegundos)  
    rotation_interval_ms: 3600000, # 1 hora  
  
    # Diretório de saída para arquivos CDR  
    directory: "/var/log/sgw_c/cdrs"  
  }
```

## Configuração de Produção

```
config :sgw_c,  
  cdr: %{  
    # Usar nome do host ou ID da instância da implantação  
    gateway_name: System.get_env("HOSTNAME") || "sgw-c-prod-01",  
  
    # Rotacionar a cada hora para gerenciabilidade  
    rotation_interval_ms: 3600000,  
  
    # Usar armazenamento rápido para CDRs  
    directory: System.get_env("CDR_DIR") || "/var/log/sgw_c/cdrs"  
  }
```

# Configuração de Alto Volume

```
config :sgw_c,  
  cdr: %{  
    gateway_name: "sgw-c-prod-high-vol",  
  
    # Rotacionar com mais frequência para gerenciar o tamanho do  
arquivo  
    rotation_interval_ms: 1800000, # 30 minutos  
  
    # Usar armazenamento rápido dedicado  
    directory: "/mnt/fast-ssd/sgw_c/cdrs"  
  }
```

---

# Exemplos de Implantação

## Gateway Único (Mínimo)

```
import Config

config :sgw_c,
  metrics: %{
    metrics_bind_address: "127.0.0.40",
    metrics_port: 42068,
    poll_interval_ms: 10000
  },
  s11: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",
    local_port: 2123,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-prod"}
    ],
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: "10.0.0.10",
    peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.30", node_id: "sgw-u-prod-01"}
    ],
    heartbeat_interval_s: 20,
    session_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3
  },
  cdr: %{
    gateway_name: "sgw-c-prod-01",
    rotation_interval_ms: 3600000,
```

```
directory: "/var/log/sgw_c/cdrs"  
}
```

# Configuração de Alta Disponibilidade

## (Redundante)

```
import Config

sgw_s11_ip = System.get_env("SGW_S11_IP") || "10.0.0.10"
sgw_s5s8_ip = System.get_env("SGW_S5S8_IP") || "10.0.0.15"
sgw_sxa_ip = System.get_env("SGW_SXA_IP") || "10.0.0.20"
mgt_ip = System.get_env("MGT_IP") || "10.0.0.40"

config :sgw_c,
  metrics: %{
    metrics_bind_address: mgt_ip,
    metrics_port: 42068,
    poll_interval_ms: 5000
  },
  s11: %{
    local_ipv4_address: sgw_s11_ip,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: sgw_s5s8_ip,
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-1"},
      %{ip_address: "10.0.0.21", name: "pgw-c-2"},
      %{ip_address: "10.0.0.22", name: "pgw-c-3"}
    ],
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: sgw_sxa_ip,
    peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.30", node_id: "sgw-u-1"},
      %{ip_address: "10.0.0.31", node_id: "sgw-u-2"},
      %{ip_address: "10.0.0.32", node_id: "sgw-u-3"}
    ],
    heartbeat_interval_s: 20,
    session_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3
  },
}
```

```
cdr: %{  
  gateway_name: System.get_env("HOSTNAME") || "sgw-c-prod-01",  
  rotation_interval_ms: 3600000,  
  directory: "/var/log/sgw_c/cdrs"  
}
```

# Operadora de Alto Volume

```
import Config

# Carregar todas as configurações do ambiente (necessário em
# produção)
sgw_s11_ip = System.fetch_env!("SGW_S11_IP")
sgw_s5s8_ip = System.fetch_env!("SGW_S5S8_IP")
sgw_sxa_ip = System.fetch_env!("SGW_SXA_IP")
mgt_ip = System.fetch_env!("MGT_IP")
hostname = System.get_env("HOSTNAME")

# Analisar pares PGW do ambiente (formato JSON)
pgw_peers_env = System.get_env("PGW_PEERS", "[]")
{:ok, pgw_peers} = Jason.decode(pgw_peers_env)
pgw_peers = Enum.map(pgw_peers, &Map.to_atom/1)

# Analisar pares SGW-U do ambiente
sgwu_peers_env = System.get_env("SGWU_PEERS", "[]")
{:ok, sgwu_peers} = Jason.decode(sgwu_peers_env)
sgwu_peers = Enum.map(sgwu_peers, &Map.to_atom/1)

config :sgw_c,
  metrics: %{
    metrics_bind_address: mgt_ip,
    metrics_port: 42068,
    poll_interval_ms: 5000
  },
  s11: %{
    local_ipv4_address: sgw_s11_ip,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: sgw_s5s8_ip,
    pgw_peers: pgw_peers,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: sgw_sxa_ip,
```

```
peers: sgwu_peers,  
heartbeat_interval_s: 20,  
session_timeout_ms: 5000,  
max_retries: 3  
,  
cdr: %  
  gateway_name: hostname,  
  rotation_interval_ms: 1800000, # Rotação de 30 minutos  
  directory: "/mnt/fast-ssd/sgw_c/cdrs"  
}
```

---

## Referência de Variáveis de Ambiente

### Variáveis Obrigatórias

| Variável    | Descrição                          | Exemplo   |
|-------------|------------------------------------|-----------|
| SGW_S11_IP  | IP da interface S11                | 10.0.0.10 |
| SGW_S5S8_IP | IP da interface S5/S8              | 10.0.0.15 |
| SGW_SXA_IP  | IP da interface Sxa                | 10.0.0.20 |
| MGT_IP      | Endereço de vinculação de métricas | 10.0.0.40 |

## Variáveis Opcionais

| Variável   | Descrição                   | Padrão                  |
|------------|-----------------------------|-------------------------|
| HOSTNAME   | Nome do gateway para CDRs   | Nome do host do sistema |
| PGW_PEERS  | Array JSON de pares PGW     | []                      |
| SGWU_PEERS | Array JSON de pares SGW-U   | []                      |
| CDR_DIR    | Diretório de saída para CDR | /var/log/sgw_c/cdrs     |

## Exemplo de Implantação

```
export SGW_S11_IP="10.0.0.10"
export SGW_S5S8_IP="10.0.0.15"
export SGW_SXA_IP="10.0.0.20"
export MGT_IP="10.0.0.40"
export HOSTNAME="sgw-c-prod-01"
export PGW_PEERS=' [{"ip_address": "10.0.0.20", "name": "pgw-c-1"} ] '
export SGWU_PEERS=' [{"ip_address": "10.0.0.30", "node_id": "sgw-u-1"} ] '

mix run --no-halt
```

## Verificação

### Verificar Configuração na Inicialização

Monitore os logs de inicialização:

```
mix run --no-halt 2>&1 | grep -E "S11|S5/S8|Sxa|Metrics"
```

```
# Saída esperada:  
# [info] Starting SGW-C...  
# [info] Starting Metrics Exporter on 10.0.0.40:42068  
# [info] Starting S11 Broker on 10.0.0.10  
# [info] Starting S5/S8 Broker on 10.0.0.15  
# [info] Starting Sxa Broker on 10.0.0.20  
# [info] OmniSGW successfully started
```

## Verificar Configuração Ativa

```
# Verifique se as métricas estão acessíveis  
curl http://10.0.0.40:42068/metrics | head -20  
  
# Verifique se a porta S11 está ouvindo  
netstat -an | grep 2123  
  
# Verifique a conectividade do par S11 nos logs  
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep "S11"
```

---

## Problemas Comuns de Configuração

### "Endereço já está em uso"

**Problema:** A vinculação da porta falha na inicialização

**Solução:**

```
# Encontre o processo usando a porta
lsof -i :2123

# Mate o processo existente ou use uma porta diferente
killall sgw_c
# ou
config :sgw_c, s11: %{local_port: 2124}
```

## "Conexão recusada" para PGW

**Problema:** S5/S8 não consegue alcançar PGW-C

**Solução:**

```
# Verifique o IP do PGW
ping 10.0.0.20

# Verifique as regras do firewall
iptables -L | grep 2123

# Teste a conectividade
nc -u -v 10.0.0.20 2123
```

## "Não é possível alcançar SGW-U"

**Problema:** A associação Sxa falha

**Solução:**

```
# Verifique se o SGW-U é alcançável
ping 10.0.0.30

# Verifique a porta PFCP
netstat -an | grep 8805

# Verifique se a porta PFCP está aberta
iptables -L | grep 8805
```

# Guia de Monitoramento & Métricas

**Métricas Prometheus, Painéis Grafana e Alertas**

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

---

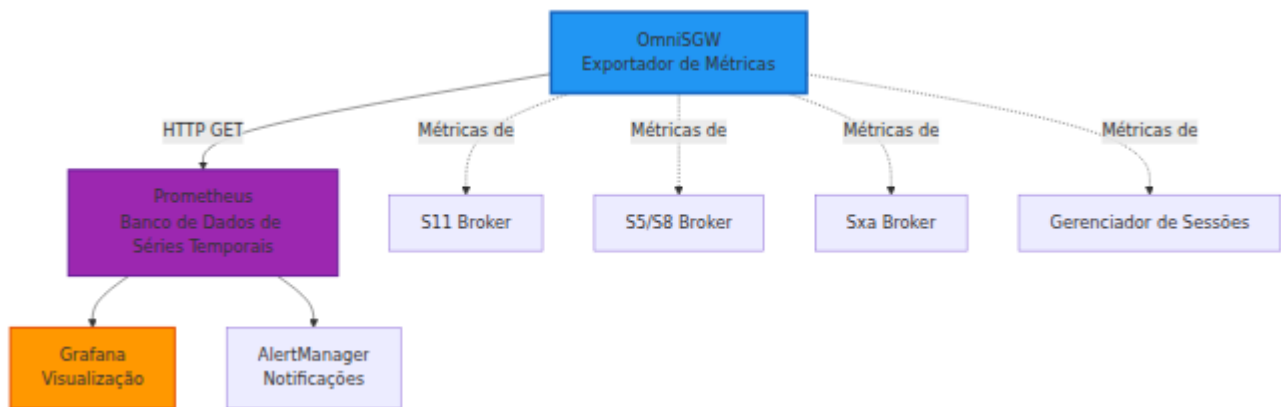
## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Exportador de Métricas](#)
  3. [Métricas Disponíveis](#)
  4. [Configuração do Prometheus](#)
  5. [Painéis do Grafana](#)
  6. [Regras de Alerta](#)
  7. [Solução de Problemas](#)
- 

## Visão Geral

OmniSGW expõe métricas compatíveis com Prometheus para monitoramento abrangente das operações de rede, gerenciamento de sessões e saúde do sistema.

# Arquitetura de Métricas



## Exportador de Métricas

### Acessando Métricas

As métricas são expostas no endpoint HTTP configurado:

```
# Endpoint padrão (se configurado)
curl http://127.0.0.40:42068/metrics

# Exportar para arquivo
curl http://127.0.0.40:42068/metrics > metrics.txt

# Monitoramento em tempo real
watch -n 5 'curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | head -30'
```

Para configuração do endpoint de métricas (endereço de ligação, porta e intervalo de polling), veja o [Guia de Configuração](#).

### Formato das Métricas

As métricas estão no formato de texto do Prometheus:

```
# HELP teid_registry_count Total number of allocated TEIDs
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 1234

# HELP s11_inbound_messages_total Total number of inbound S11
messages
# TYPE s11_inbound_messages_total counter
s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
5432
s11_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
5100
s11_inbound_messages_total{message_type="modify_bearer_request"}
12000
```

---

# Métricas Disponíveis

## Métricas de Gerenciamento de Sessões

**Sessões Ativas:**

teid\_registry\_count

- └─ Descrição: Alocações de TEID S11/S5S8 ativas
- └─ Tipo: Gauge
- └─ Faixa: 0 a capacidade máxima licenciada
- └─ Exemplo: 1234 (1234 sessões ativas)

seid\_registry\_count

- └─ Descrição: Sessões PFCP ativas (por par SGW-U)
- └─ Tipo: Gauge
- └─ Rótulos: peer\_ip
- └─ Exemplo: seid\_registry\_count{peer\_ip="10.0.0.30"} 1234

active\_ue\_sessions

- └─ Descrição: Total de sessões UE ativas
- └─ Tipo: Gauge
- └─ Exemplo: 5000

active\_bearers

- └─ Descrição: Total de bearers ativos (padrão + dedicado)
- └─ Tipo: Gauge
- └─ Exemplo: 5500 (1 padrão + 0.1 dedicado por sessão)

charging\_id\_registry\_count

- └─ Descrição: IDs de cobrança ativos
- └─ Tipo: Gauge
- └─ Exemplo: 5000

## Contadores de Mensagens

### S11 (Interface MME):

```
s11_inbound_messages_total
├─ Tipo: Counter (crescendo)
├─ Rótulos: message_type
├─ Valores:
│   ├── create_session_request
│   ├── delete_session_request
│   ├── modify_bearer_request
│   ├── create_bearer_request
│   ├── delete_bearer_request
│   ├── release_access_bearers_request
│   └── 400 downlink_data_notification
│       └── echo_request
└─ Exemplo:
s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
5432
```

### **S5/S8 (Interface PGW):**

```
s5s8_inbound_messages_total
├─ Tipo: Counter
├─ Rótulos: message_type
├─ Valores: (mesmos tipos de solicitação do S11)
└─ Exemplo:
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
4500
```

### **Sxa (Interface SGW-U):**

sxa\_inbound\_messages\_total

└─ Tipo: Counter

└─ Rótulos: message\_type

└─ Valores:

| └─ session\_establishment\_request

| └─ session\_modification\_request

| └─ session\_deletion\_request

| └─ session\_report\_request

| └─ association\_setup\_request

| └─ heartbeat\_request

└─ Exemplo:

sxa\_inbound\_messages\_total{message\_type="session\_report\_request"}  
67000

## Métricas de Desempenho

### Latência de Mensagens:

s11\_inbound\_duration\_seconds

└─ Tipo: Histogram (com buckets)

└─ Descrição: Tempo de processamento de mensagens S11

└─ Percentis: \_count, \_sum, \_bucket

└─ Exemplo: s11\_inbound\_duration\_seconds\_bucket{le="0.1"} 5000

s5s8\_inbound\_duration\_seconds

└─ Tipo: Histogram

└─ Descrição: Tempo de processamento de mensagens S5/S8

sxa\_inbound\_duration\_seconds

└─ Tipo: Histogram

└─ Descrição: Tempo de processamento de mensagens Sxa

### Associação PFCP:

pfcp\_association\_status

└─ Tipo: Gauge

└─ Valores: 1 (associado) ou 0 (não associado)

└─ Rótulos: peer\_ip, node\_id

└─ Exemplo: pfcp\_association\_status{peer\_ip="10.0.0.30"} 1

pfcp\_heartbeat\_latency\_ms

└─ Tipo: Gauge

└─ Descrição: Tempo de ida e volta do heartbeat

└─ Rótulos: peer\_ip

└─ Exemplo: pfcp\_heartbeat\_latency\_ms{peer\_ip="10.0.0.30"} 15

## Métricas de Erro

### Erros de Protocolo:

s11\_inbound\_errors\_total

└─ Tipo: Counter

└─ Rótulos: error\_type

└─ Valores:

| └─ parse\_error

| └─ validation\_error

| └─ timeout

| └─ other

└─ Exemplo: s11\_inbound\_errors\_total{error\_type="timeout"} 12

s5s8\_inbound\_errors\_total

└─ Tipo: Counter

└─ Descrição: Erros S5/S8

sxa\_inbound\_errors\_total

└─ Tipo: Counter

└─ Descrição: Erros Sxa

### Falhas na Criação de Sessão:

```
create_session_response_cause
├─ Tipo: Counter
├─ Rótulos: cause_code
├─ Valores: (códigos de causa 3GPP)
├─ Exemplos:
|   └─ cause_code="0": Sucesso
|   └─ cause_code="16": Sem recursos disponíveis
|   └─ cause_code="25": Erro de semântica
|   └─ cause_code="49": Nenhuma regra correspondente
```

---

# Configuração do Prometheus

## Instalação

```
# Baixar Prometheus
wget
https://github.com/prometheus/prometheus/releases/download/v2.45.0/pr
2.45.0.linux-amd64.tar.gz
tar xzf prometheus-2.45.0.linux-amd64.tar.gz
cd prometheus-2.45.0.linux-amd64
```

## Arquivo de Configuração

**prometheus.yml:**

```
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s
  external_labels:
    monitor: 'sgw-c-prod'

scrape_configs:
  - job_name: 'sgw-c'
    static_configs:
      - targets: ['127.0.0.40:42068']
        labels:
          instance: 'sgw-c-prod-01'

  - job_name: 'sgw-c-backup'
    static_configs:
      - targets: ['127.0.0.41:42068']
        labels:
          instance: 'sgw-c-prod-02'

alerting:
  alertmanagers:
    - static_configs:
        - targets: ['127.0.0.50:9093']
```

## Iniciando o Prometheus

```
./prometheus --config.file=prometheus.yml \
  --storage.tsdb.path=/var/lib/prometheus \
  --web.console.libraries=consoles \
  --web.console.templates=console_templates
```

## Acessando o Prometheus

```
http://localhost:9090
```

---

# Painéis do Grafana

## Instalação

```
# Docker (mais fácil)
docker run -d \
  --name=grafana \
  -p 3000:3000 \
  -e GF_SECURITY_ADMIN_PASSWORD=admin \
  grafana/grafana
```

## Adicionando Fonte de Dados

1. **Abra o Grafana:** <http://localhost:3000>
2. **Configuração → Fontes de Dados**
3. **Adicionar → Prometheus**
4. **URL:** <http://prometheus:9090>

## Painel: Visão Geral da Sessão

**Painéis:**

Linha 1:

- └─ Sessões Ativas (Gauge)
- └─ Bearers Ativos (Gauge)
- └─ Mensagens S11/sec (Gráfico)
- └─ Mensagens S5/S8/sec (Gráfico)

Linha 2:

- └─ Mensagens Sxa/sec (Gráfico)
- └─ Latência S11 p95 (Gráfico)
- └─ Latência S5/S8 p95 (Gráfico)
- └─ Latência Sxa p95 (Gráfico)

Linha 3:

- └─ Erros S11/min (Gráfico)
- └─ Erros S5/S8/min (Gráfico)
- └─ Erros Sxa/min (Gráfico)
- └─ Associações PFCP (Status)

## Painel: Saúde da Interface

### Painéis:

Linha 1:

- └─ Status do Par S11 (Status)
- └─ Status do Par S5/S8 (Status)
- └─ Status do Par SGW-U (Lista de Status)
- └─ Carga do Sistema (Gauge)

Linha 2:

- └─ Taxa de Mensagens S11 (Gráfico)
- └─ Taxa de Mensagens S5/S8 (Gráfico)
- └─ Taxa de Mensagens Sxa (Gráfico)
- └─ Taxa de Erros (Gráfico)

Linha 3:

- └─ Histograma de Latência de Mensagens (Mapa de Calor)
- └─ Taxa de Criação de Sessões (Gráfico)
- └─ Taxa de Término de Sessões (Gráfico)
- └─ Taxa de Criação de Bearers (Gráfico)

# Painel: Planejamento de Capacidade

## Painéis:

Linha 1:

- |— Sessões vs Capacidade (Gauge + Limite)
- |— Bearers vs Capacidade (Gauge + Limite)
- |— Distribuição de Sessões PFCP (Gráfico de Barras)
- |— Sessões por APN (Gráfico de Pizza)

Linha 2:

- |— Tendência de Crescimento de Sessões (Gráfico)
- |— Tendência de Crescimento de Bearers (Gráfico)
- |— Hora de Pico de Sessão (Mapa de Calor)
- |— Distribuição de Duração de Sessão (Histograma)

## Exemplos de Consultas do Painel

### Sessões Ativas:

```
teid_registry_count
```

### Taxa de Criação de Sessão:

```
rate(s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"[5m])
```

### Latência S11 (percentil 95):

```
histogram_quantile(0.95,  
rate(s11_inbound_duration_seconds_bucket[5m]))
```

### Taxa de Erros:

```
rate(s11_inbound_errors_total[5m]) +  
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) +  
rate(sxa_inbound_errors_total[5m])
```

### **Status da Associação PFCP:**

```
pfcp_association_status{peer_ip=~"10.0.0.3[0-2]"}
```

---

# **Regras de Alerta**

## **Arquivo de Regras de Alerta**

**sgw-c-alerts.yml:**

```
groups:
- name: sgw-c-alerts
  interval: 30s
  rules:
    # Alertas de capacidade de sessão
    - alert: SGWCapacityHigh
      expr: (teid_registry_count / 100000) > 0.8
      for: 5m
      annotations:
        summary: "Capacidade de sessão SGW acima de 80%"
        description: "Sessões: {{ $value }} de 100000"

    # Alertas de saúde da interface
    - alert: S11PeerDown
      expr: absent(s11_inbound_messages_total) > 0
      for: 2m
      annotations:
        summary: "Interface S11 inacessível"

    - alert: PGWPeerDown
      expr: create_session_response_cause{cause_code="49"} > 100
      for: 2m
      annotations:
        summary: "Par PGW-C inacessível"

    - alert: SGWUAssociationDown
      expr: pfcf_association_status == 0
      for: 1m
      annotations:
        summary: "Associação SGW-U perdida"
        description: "Par: {{ $labels.peer_ip }}"

    # Alertas de latência de mensagem
    - alert: S11LatencyHigh
      expr: histogram_quantile(0.95,
rate(s11_inbound_duration_seconds_bucket[5m])) > 1
      for: 5m
      annotations:
        summary: "Latência S11 acima de 1 segundo"
        description: "p95: {{ $value }}s"

    - alert: S5S8LatencyHigh
      expr: histogram_quantile(0.95,
```

```

rate(s5s8_inbound_duration_seconds_bucket[5m])) > 1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Latência S5/S8 acima de 1 segundo"

# Alertas de taxa de erro
- alert: S11ErrorRate
  expr: rate(s11_inbound_errors_total[5m]) > 10
  for: 3m
  annotations:
    summary: "Alta taxa de erro S11"
    description: "{{ $value }}" erros/segundo"

- alert: SessionEstablishmentFailure
  expr: rate(create_session_response_cause{cause_code!="0"}
[5m]) > 20
  for: 3m
  annotations:
    summary: "Alta taxa de falha na criação de sessão"
    description: "{{ $value }}" falhas/segundo"

```

## Configurando o AlertManager

**alertmanager.yml:**

```
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'sgw-alerts'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 30s
  group_interval: 5m
  repeat_interval: 12h

receivers:
  - name: 'sgw-alerts'
    webhook_configs:
      - url: 'http://slack-webhook-url'
    email_configs:
      - to: 'noc@example.com'
        from: 'sgw-alerts@example.com'
        smarthost: 'smtp.example.com:587'
```

## Exemplos de Notificação de Alerta

### Integração com Slack:

```
❏ Capacidade SGW Alta
Severidade: Aviso
Sessões Ativas: 85.000 / 100.000 (85%)
Hora: 2025-12-10 15:30:00 UTC
Ação: Monitorar aumento de capacidade
```

### Integração por Email:

Assunto: [ALERTA] Par S11 Inacessível

A interface S11 do SGW-C não recebeu mensagens por 2 minutos. Isso pode indicar:

- Problema de conectividade de rede MME
- Reinício do SGW-C necessário
- Configuração da porta S11 alterada

Ação Imediata Necessária: Verificar status do S11

---

# Solução de Problemas

## Métricas Não Aparecendo

**Problema:** Endpoint de métricas vazio ou 404

### Diagnóstico:

```
# Verificar se o endpoint de métricas é acessível
curl -v http://127.0.0.40:42068/metrics

# Verificar logs para erros do exportador de métricas
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep -i metric

# Verificar configuração
cat config/runtime.exs | grep metrics
```

### Soluções:

1. Reiniciar o processo SGW-C
2. Verificar se o IP/porta de métricas não está bloqueado pelo firewall
3. Verificar configuração do endereço de ligação
4. Garantir memória suficiente para coleta de métricas

# Métricas Faltando para Interface Específica

**Problema:** Métricas S11 aparecem, mas S5/S8 ou Sxa faltando

## Diagnóstico:

1. Verificar se a interface está configurada
2. Verificar se a interface está ativa
3. Monitorar logs para erros de conexão

## Solução:

- Verificar acessibilidade do par
- Verificar ligação da interface
- Revisar configuração

# Alto Uso de Memória

**Problema:** Exportador de métricas consumindo memória excessiva

## Diagnóstico:

```
# Verificar memória do processo
ps aux | grep sgw_c | grep -v grep | awk '{print $6}'

# Monitorar crescimento ao longo do tempo
watch -n 5 'ps aux | grep sgw_c'
```

## Soluções:

1. Reduzir intervalo de polling de métricas
  2. Limitar número de amostras de métricas
  3. Implementar política de retenção de métricas
  4. Escalar para várias instâncias
-

# Melhores Práticas

## Coleta de Métricas

- **Intervalo de Scrape:** 15-30 segundos para equilíbrio
- **Retenção:** 15-30 dias de armazenamento de métricas
- **Agregação:** Pré-agregar métricas de alta cardinalidade
- **Amostragem:** Usar percentis para latência, não valores brutos

## Design de Painéis

- **Contexto:** Incluir intervalo de tempo, instância, informações do par
- **Camadas:** Visão Geral → Detalhe → Depuração
- **Alertas:** Limites visuais em gráficos de capacidade
- **Correlação:** Vincular métricas relacionadas

## Estratégia de Alerta

- **Hierarquia:** Crítico → Aviso → Informação
- **Escalonamento:** Notificar o responsável por alertas críticos
- **Ajuste de Limites:** Base de referência e depois +20% para aviso
- **Testes Regulares:** Testar caminhos de alerta mensalmente

---

**Guia de Monitoramento** - *Métricas e Observabilidade do OmniSGW*

*Desenvolvido pela Omnitouch Network Services*

**Versão da Documentação:** 1.0

**Última Atualização:** 2025-12-10

# Documentação da Interface S11

## Comunicação GTP-C com MME

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

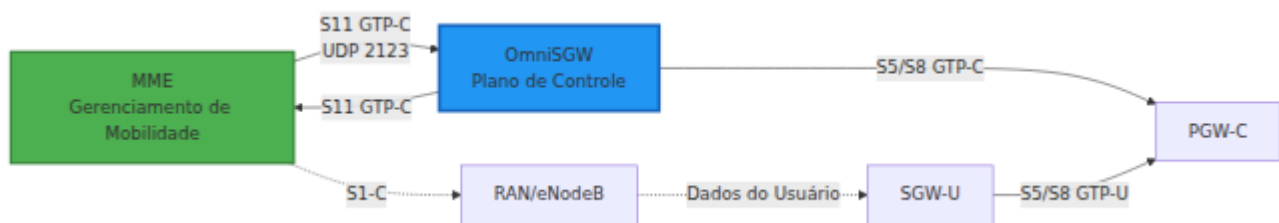
---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Detalhes do Protocolo](#)
  3. [Configuração](#)
  4. [Tipos de Mensagens](#)
  5. [Estabelecimento de Sessão](#)
  6. [Modificação de Sessão](#)
  7. [Término de Sessão](#)
  8. [Operações de Rede](#)
  9. [Solução de Problemas](#)
- 

## Visão Geral

A **interface S11** conecta o OmniSGW ao MME (Entidade de Gerenciamento de Mobilidade) usando o protocolo **GTP-C v2** (Protocolo de Tunelamento GPRS - plano de controle). Esta interface gerencia todos os sinais do plano de controle para gerenciamento de sessão de UE, operações de bearer e procedimentos de mobilidade.



## Principais Características

- **Protocolo GTP-C v2** - Sinalização de mensagens compatível com os padrões
  - **Roteamento baseado em TEID** - Identificadores de ponto final de túnel para rastreamento de sessão
  - **Gerenciamento de Sessão com Estado** - Mantém o contexto da UE entre as mensagens
  - **Suporte a Handover** - Coordena mobilidade inter-MME e intra-MME
  - **Operações de Bearer** - Criar, modificar e excluir bearers
  - **Notificações de Dados de Downlink** - Paging para sessões suspensas
- 

## 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
- **Direção:** Solicitação/resposta bidirecional

### TEID (Identificador de Ponto Final de Túnel)

Cada sessão possui TEIDs únicos para roteamento de mensagens:

- **TEID Local** - Alocado pelo OmniSGW para mensagens recebidas do MME
- **TEID Remoto** - Alocado pelo MME para mensagens enviadas ao MME

Roteamento de Mensagens:

MME → SGW: Usa o TEID Local do OmniSGW no cabeçalho da mensagem

SGW → MME: Usa o TEID Remoto do MME no cabeçalho da mensagem

## Formato da Mensagem

Todas as mensagens S11 seguem o formato GTP-C v2:

Cabeçalho GTP-C (12-16 bytes)

- |— Versão (3 bits): 0x2 (GTP-C v2)
- |— Flag de Piggyback (1 bit)
- |— Flag de TEID (1 bit): 1 (TEID presente)
- |— Tipo de Mensagem (8 bits): Identifica o tipo de mensagem
- |— Comprimento da Mensagem (16 bits): Comprimento do conteúdo da mensagem
- |— TEID (32 bits): Identificador de Ponto Final de Túnel
- |— Número de Sequência (24 bits): Para correspondência de solicitação/resposta
- |— Reservado (8 bits): Sempre 0

Conteúdos da Mensagem (variável)

- |— Elementos de Informação (IE)
  - | |— Tipo de IE (8 bits)
  - | |— Comprimento (16 bits)
  - | |— Valor (variável)
- |— ... mais IEs

# Configuração

## Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :sgw_c,
  s11: %{
    # Endereço IPv4 local para a interface S11
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",

    # Opcional: Endereço IPv6 local (para dual-stack)
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir a porta padrão
    local_port: 2123,

    # Timeouts de mensagem
    message_timeout_ms: 5000,

    # Configuração de tentativas
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  }
```

## Requisitos de Rede

### Regras de Firewall:

```
# Permitir GTP-C da rede MME (entrada)
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <mme_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir GTP-C de saída para MME
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <mme_network>/24 -j
ACCEPT
```

### Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede MME
ip route add <mme_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

### Teste de Rede:

```
# Testar conectividade com MME (usar heartbeat GTP)
# Verifique os logs para a mensagem "S11 Broker connected"

# Monitorar sessões S11 ativas
curl http://127.0.0.40:42068/metrics | grep teid_registry_count
```

## Tipos de Mensagens

### Visão Geral das Mensagens S11



## Mensagens de Estabelecimento de Sessão

### Solicitação de Criação de Sessão (S11)

**Direção:** MME → OmniSGW

**Propósito:** Estabelecer nova sessão de UE (anexação inicial ou conectividade PDN)

**Elementos de Informação Chave:**

| Nome do IE         | Tipo     | Descrição                                        |
|--------------------|----------|--------------------------------------------------|
| IMSI               | Binário  | Identidade Internacional do Assinante Móvel      |
| MSISDN             | BCD      | Número de telefone móvel                         |
| MEI                | Binário  | Identidade do Equipamento Móvel                  |
| Tipo de RAT        | Enum     | Tecnologia de Acesso Rádio (EUTRAN)              |
| Contexto de Bearer | Agrupado | Configuração do bearer padrão                    |
| Fuso Horário da UE | DateTime | Fuso horário atual da UE                         |
| ULI                | Agrupado | Informação de Localização do Usuário (TAI, ECGI) |
| Rede Servidora     | PLMN     | MCC/MNC                                          |
| APN                | String   | Nome do Ponto de Acesso                          |

**Resposta:** Resposta de Criação de Sessão

| Nome do IE               | Tipo     | Descrição                                |
|--------------------------|----------|------------------------------------------|
| Causa                    | Enum     | Resultado da solicitação (sucesso/falha) |
| Contexto de Bearer       | Agrupado | Informações do bearer alocado com TEID   |
| Alocação de Endereço PDN | Agrupado | Endereço IP alocado do PGW               |
| Restrição de APN         | Enum     | Restrições de APN                        |

## Mensagens de Modificação de Sessão

### Solicitação de Modificação de Bearer (S11)

**Direção:** MME → OmniSGW (solicitação iniciada do MME)

**Propósito:** Modificar parâmetros do bearer durante a sessão ativa

#### Elementos de Informação Chave:

| Nome do IE         | Tipo     | Descrição                                       |
|--------------------|----------|-------------------------------------------------|
| MEI                | Binário  | Identificador do Equipamento Móvel              |
| ULI                | Agrupado | Informação de Localização do Usuário atualizada |
| Fuso Horário da UE | DateTime | Fuso horário atualizado                         |
| TAI                | TAI      | Identificador da Área de Rastreamento           |
| ECGI               | ECGI     | Identificador Global da Célula E-UTRAN          |

**Resposta:** Resposta de Modificação de Bearer

| Nome do IE         | Tipo     | Descrição                        |
|--------------------|----------|----------------------------------|
| Causa              | Enum     | Resultado da modificação         |
| Contexto de Bearer | Agrupado | Parâmetros do bearer atualizados |

## Mensagens de Gerenciamento de Bearer

### Solicitação/Resposta de Criação de Bearer

**Direção:** Pode ser iniciada do MME ou SGW

**Propósito:** Ativar bearer dedicado para serviços que requerem QoS

#### Cenários de Gatilho:

- Ativação de serviço de voz
- Solicitação de streaming de vídeo
- Ativação de jogo online

### Solicitação/Resposta de Exclusão de Bearer

**Direção:** Pode ser iniciada do MME ou SGW (via PGW)

**Propósito:** Desativar bearer dedicado quando não for mais necessário

## Mensagens de Mobilidade

### Solicitação/Resposta de Liberação de Bearers de Acesso

**Direção:** MME → OmniSGW

**Propósito:** Suspender todos os bearers durante desconexão de rádio (cenário de paging)

**Efeitos:**

- Bearers permanecem no contexto, mas suspensos
- Encaminhamento do plano do usuário pausado
- Buffering de dados iniciado no SGW-U
- UE pode retomar com solicitação de serviço

### **Solicitação/Resposta de Modificação de Bearers de Acesso**

**Direção:** OmniSGW → MME ou MME → OmniSGW

**Propósito:** Atualizar acesso ao bearer durante handover ou recuperação

## **Mensagens de Paging**

### **Notificação de Dados de Downlink (S11)**

**Direção:** PGW-C → OmniSGW → MME

**Propósito:** Notificar o MME sobre dados de downlink pendentes para UE suspensa

#### **Elementos de Informação Chave:**

| Nome do IE | Tipo    | Descrição               |
|------------|---------|-------------------------|
| EBI        | Inteiro | ID do Bearer EPS        |
| IMSI       | Binário | Identidade do assinante |

**Resposta:** Acknowledgment de Dados de Downlink

---

# Estabelecimento de Sessão

## Fluxo de Anexação Inicial da UE

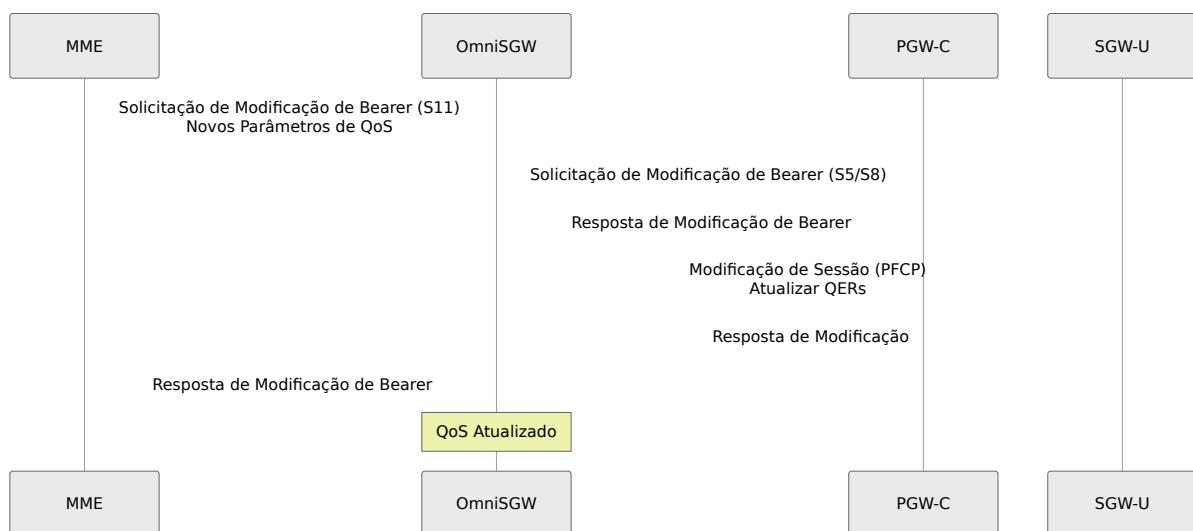


### Transições de Estado:

```
[UE Não Conectado]
  ↓ (Solicitação de Anexação)
[Estabelecendo Sessão com PGW]
  ↓ (PGW responde)
[Estabelecendo Plano do Usuário]
  ↓ (sessão PFCP ativa)
[Sessão Ativa]
```

# Modificação de Sessão

## Modificação de QoS do Bearer



# Atualização da Área de Rastreamento (TAU)

## TAU sem Mudança de SGW:

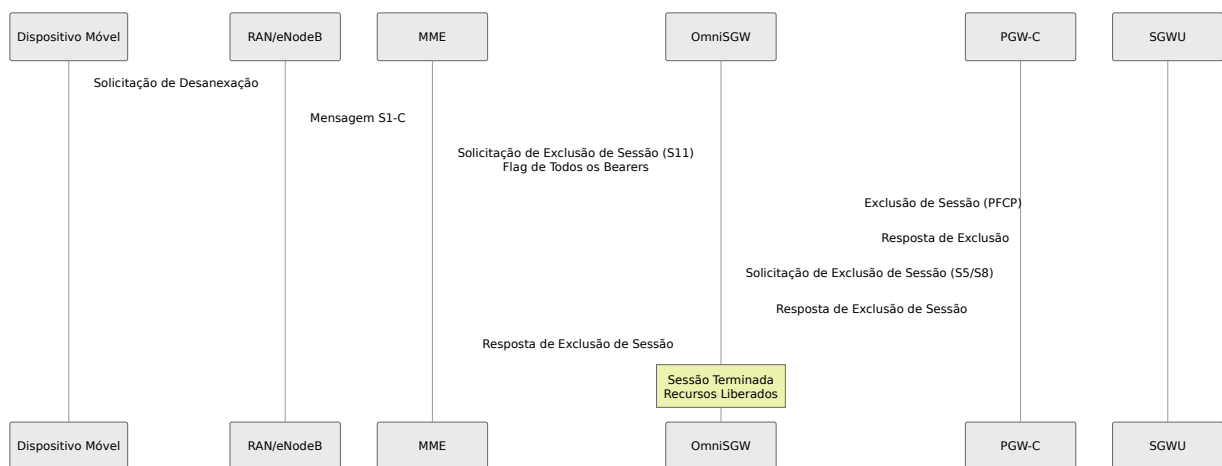
- MME atualiza a localização da UE
- ULI/TAI enviado ao SGW via Modificação de Bearer
- SGW atualiza o contexto local da UE
- Nenhuma realocação de sessão necessária

## TAU com Mudança de SGW:

- SGW antigo recebe Liberação de Bearers de Acesso do MME
- SGW novo recebe Solicitação de Criação de Sessão
- Encaminhamento de dados do SGW antigo para o novo SGW
- Após a conclusão do encaminhamento, o SGW antigo libera a sessão

# Término de Sessão

## Término Normal de Sessão



## Transições de Estado:

```
[Sessão Ativa]
  ↓ (Solicitação de Exclusão de Sessão)
[Liberando Plano do Usuário]
  ↓ (sessão PFCP excluída)
[Notificando PGW]
  ↓ (sessão PGW excluída)
[Sessão Terminada]
```

---

# Operações de Rede

## Monitoramento do Fluxo de Mensagens

Monitore a atividade das mensagens S11 em tempo real:

```
# Assistir contadores de mensagens S11
watch -n 1 'curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s11_inbound'

# Exemplo de saída:
#
s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
1245
#
s11_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
1200
# s11_inbound_messages_total{message_type="modify_bearer_request"}
3450
```

## Inspeção de Sessão

Veja sessões ativas e seu estado S11:

UI Web → Página de Sessões de UE

Para cada sessão:

- IMSI e GUTI
- TAI atual (Área de Rastreamento)
- TEID local (para S11)
- TEID remoto (do MME)
- Lista de bearers com parâmetros de QoS
- PGW-C associado

## Monitoramento de Handover

Rastreie a atividade de handover:

```
# Contar solicitações de modificação de bearer (indicam handovers)
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
modify_bearer_request_total

# Monitorar atrasos de handover
# Verifique os logs para mensagens "TAU com mudança de SGW"
```

---

## Solução de Problemas

### Falhas no Estabelecimento de Sessão

**Problema:** Solicitação de Criação de Sessão rejeitada

**Diagnóstico:**

1. Verifique UI Web → Sessões de UE para razão da rejeição
2. Verifique métricas: `s11_inbound_errors_total`
3. Verifique logs para código de causa específico

**Causas Comuns & Soluções:**

| Causa | Razão                    | Solução                                                   |
|-------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 16    | Recursos não disponíveis | Verifique a capacidade do SGW-U, contagem de sessões PFCP |
| 25    | Erro semântico em IE     | Verifique o contexto do bearer na solicitação             |
| 49    | PGW inacessível          | Verifique a conectividade S5/S8 com o PGW-C               |
| 65    | APN não suportada        | Verifique a configuração da APN                           |

## Problemas de Roteamento de Mensagens

**Problema:** "Mensagem roteada para TEID desconhecido"

**Diagnóstico:**

```
# Verifique o registro de TEID
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep teid_registry_count

# Verifique a alocação de TEID
# UI Web → Sessões de UE → pesquisar por IMSI
```

**Causas Comuns:**

- Sessão liberada, mas mensagem atrasada ainda chegando
- Solicitação de Criação de Sessão duplicada com TEID diferente
- Mensagem de uma instância diferente do MME com o mesmo TEID

## Problemas de Handover

**Problema:** Handover falha ou perda de dados

**Diagnóstico:**

1. Monitore Solicitação/Resposta de Modificação de Bearer nas métricas
2. Verifique logs para mensagens "handover" ou "TAU"
3. Inspecione o estado da sessão PFCP durante o handover

### **Soluções:**

- Verifique se o SGW-U está ativo durante a janela de handover
- Verifique as regras de encaminhamento de dados instaladas
- Monitore o tempo de Liberação de Bearers de Acesso

## **Problemas de Desempenho**

**Problema:** Alta latência de mensagens S11

### **Métricas a Verificar:**

```
# Duração do processamento da mensagem
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s11_inbound_duration_seconds

# Contagem de sessões
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep active_ue_sessions

# Contagem de bearers
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep active_bearers
```

### **Etapas de Otimização:**

1. Reduzir operações de Modificação de Bearer desnecessárias
2. Monitorar e otimizar o tempo de estabelecimento da sessão PFCP
3. Escalar horizontalmente com várias instâncias SGW-C
4. Verificar uso de CPU e memória durante carga máxima

Para informações abrangentes sobre métricas, configuração do Prometheus e configuração de painel, consulte o [Guia de Monitoramento & Métricas](#).

---

# Melhores Práticas

## Configuração

- **Vinculação de Porta:** Vincular S11 à interface de rede de gerenciamento para segurança
- **Timeouts:** Definir timeouts de mensagem apropriados com base no RTT da rede
- **Tentativas:** Equilibrar entre confiabilidade e carga da rede

## Operações

- **Limites de Sessão:** Monitorar vs. capacidade para evitar sobrecarga
- **Monitoramento de Parceria:** Rastrear status de conectividade do MME
- **Rastreamento de Erros:** Alertar sobre aumento sustentado na taxa de erro S11
- **Desligamento Gradual:** Drenar sessões antes da manutenção

## Segurança

- **Isolamento de Rede:** S11 deve estar em segmento de rede isolado
  - **Controle de Acesso:** Restringir a porta S11 a IPs de MME autorizados
  - **Monitoramento:** Alertar sobre conexões inesperadas de pares
-

# Resumo de Referência de Mensagens

| Mensagem                                                 | Direção   | Frequência                | Prioridade |
|----------------------------------------------------------|-----------|---------------------------|------------|
| Solicitação/Resposta de Criação de Sessão                | MME → SGW | Criação de sessão         | Alta       |
| Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão               | MME → SGW | Fim da sessão             | Alta       |
| Solicitação/Resposta de Modificação de Bearer            | MME ↔ SGW | Mudanças de QoS, TAU      | Média      |
| Solicitação/Resposta de Criação de Bearer                | MME ↔ SGW | Ativação de bearer        | Média      |
| Solicitação/Resposta de Exclusão de Bearer               | MME ↔ SGW | Desativação de bearer     | Média      |
| Solicitação/Resposta de Liberação de Bearers de Acesso   | MME → SGW | Suspensão de paging       | Alta       |
| Solicitação/Resposta de Modificação de Bearers de Acesso | MME ↔ SGW | Recuperação de mobilidade | Alta       |
| Notificação/Acknowledgment de Dados de Downlink          | SGW → MME | Paging de dados           | Média      |
| Solicitação/Resposta de Echo                             | MME ↔ SGW | Monitoramento de caminho  | Baixa      |

# Documentação da Interface S5/S8

## Comunicação GTP-C com PGW-C

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

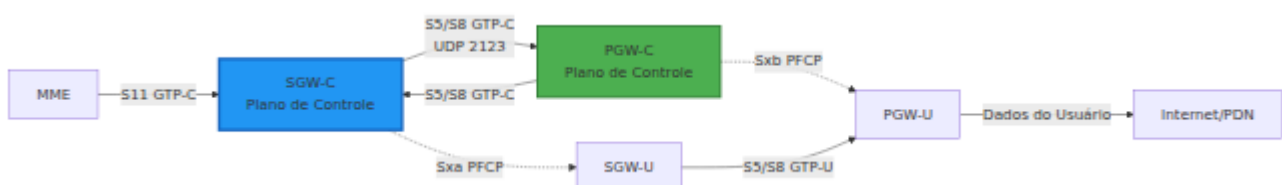
---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Detalhes do Protocolo](#)
  3. [Configuração](#)
  4. [Estabelecimento de Sessão](#)
  5. [Modificação de Sessão](#)
  6. [Terminação de Sessão](#)
  7. [Tipos de Mensagens](#)
  8. [Operações de Rede](#)
  9. [Solução de Problemas](#)
- 

## Visão Geral

A **interface S5/S8** conecta o OmniSGW ao PGW-C (Plano de Controle do Gateway de Pacotes) usando o protocolo **GTP-C v2** (Protocolo de Tunelamento GPRS - Plano de Controle). Esta interface gerencia o sinalizador de gerenciamento de sessão PDN entre os gateways.



# Principais Recursos

- **Protocolo GTP-C v2** - Sinalização compatível com padrões
  - **Roteamento de Sessão baseado em TEID** - Identificadores de ponto de extremidade de túnel para rastreamento
  - **Gerenciamento de Conectividade PDN** - Criar/modificar/excluir conexões PDN
  - **Gerenciamento de Bearer** - Operações de bearer padrão e dedicado
  - **Troca de ID de Cobrança** - Faturamento coordenado entre gateways
  - **Alocação de Endereço IP** - Provisão de IP do UE a partir de pools do PGW
- 

## 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
- **Direção:** Solicitação/resposta bidirecional

### TEID (Identificador de Ponto de Extremidade do Tunnel)

Cada sessão PDN possui TEIDs únicos para ambas as direções:

- **TEID do SGW** - Alocado pelo SGW-C para mensagens S5/S8 do PGW
- **TEID do PGW** - Alocado pelo PGW-C para mensagens S5/S8 do SGW

Fluxo da Mensagem:

SGW-C → PGW-C: Usa o TEID do PGW-C no cabeçalho

PGW-C → SGW-C: Usa o TEID do SGW-C no cabeçalho

# ID de Cobrança

O ID de Cobrança é crítico para a coordenação de faturamento:

- **Gerado por:** PGW-C durante a Resposta de Criação de Sessão
  - **Passado para:** SGW-C para geração de CDR
  - **Usado para:** Correlacionar cobranças offline entre SGW e CDRs do PGW
  - **Formato:** inteiro de 32 bits, único por conexão PDN
-

# Configuração

## Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    # Endereço IPv4 local para a interface S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.15",

    # Opcional: Endereço IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir a porta padrão
    local_port: 2123,

    # Pares PGW-C
    pgw_peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.20",
        name: "pgw-c-primary"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.21",
        name: "pgw-c-secondary"
      }
    ],

    # Timeouts de mensagem
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  }
```

## Requisitos de Rede

### Regras de Firewall:

```
# Permitir GTP-C da rede PGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <pgw_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir GTP-C de saída para PGW-C
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <pgw_network>/24 -j
ACCEPT
```

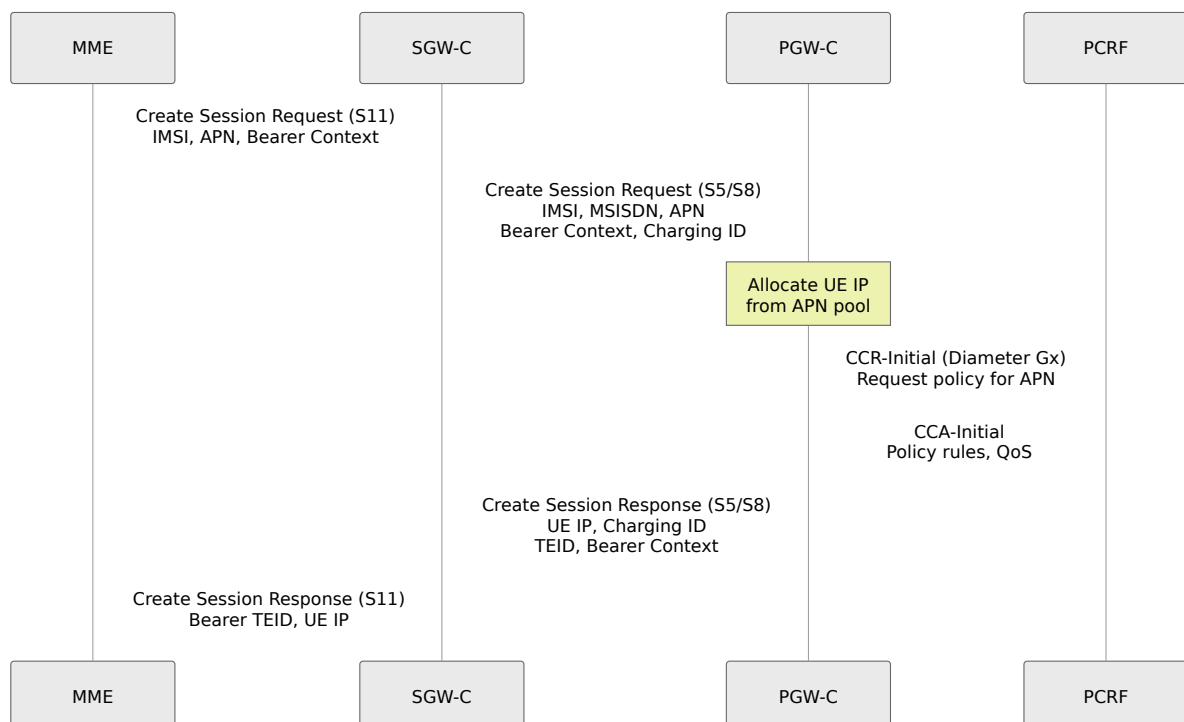
### Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede PGW-C
ip route add <pgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

## Estabelecimento de Sessão

### Solicitação Inicial de Conexão PDN

Quando o MME solicita uma conexão PDN via S11, o SGW-C encaminha para o PGW-C via S5/S8.



## Solicitação de Criação de Sessão (SGW-C → PGW-C)

### Elementos de Informação Chave:

| Nome do IE     | Fonte | Descrição                                        |
|----------------|-------|--------------------------------------------------|
| IMSI           | MME   | Identidade do assinante móvel                    |
| MSISDN         | MME   | Número de telefone móvel                         |
| MEI            | MME   | Identidade do Equipamento Móvel                  |
| Bearer Context | MME   | Configuração do bearer (QCI, ARP)                |
| APN            | MME   | Nome do Ponto de Acesso (internet, ims, mms)     |
| Rede Servidora | MME   | Código PLMN (MCC/MNC)                            |
| Tipo de RAT    | MME   | Tecnologia de Acesso Rádio (EUTRAN)              |
| ULI            | MME   | Informação de Localização do Usuário (TAI, ECGI) |
| Charging ID    | SGW   | Referência de cobrança gerada pelo SGW           |

## Resposta de Criação de Sessão (PGW-C → SGW-C)

### Elementos de Informação Chave:

| Nome do IE             | Fonte | Descrição                      |
|------------------------|-------|--------------------------------|
| Cause                  | PGW   | Indicação de sucesso/falha     |
| Bearer Context         | PGW   | Bearer alocado com TEID        |
| PDN Address Allocation | PGW   | Endereço IP do UE atribuído    |
| APN Restriction        | PGW   | Políticas para este APN        |
| Charging ID            | PGW   | ID de cobrança gerado pelo PGW |
| TEID                   | PGW   | Alocado para o túnel S5/S8     |

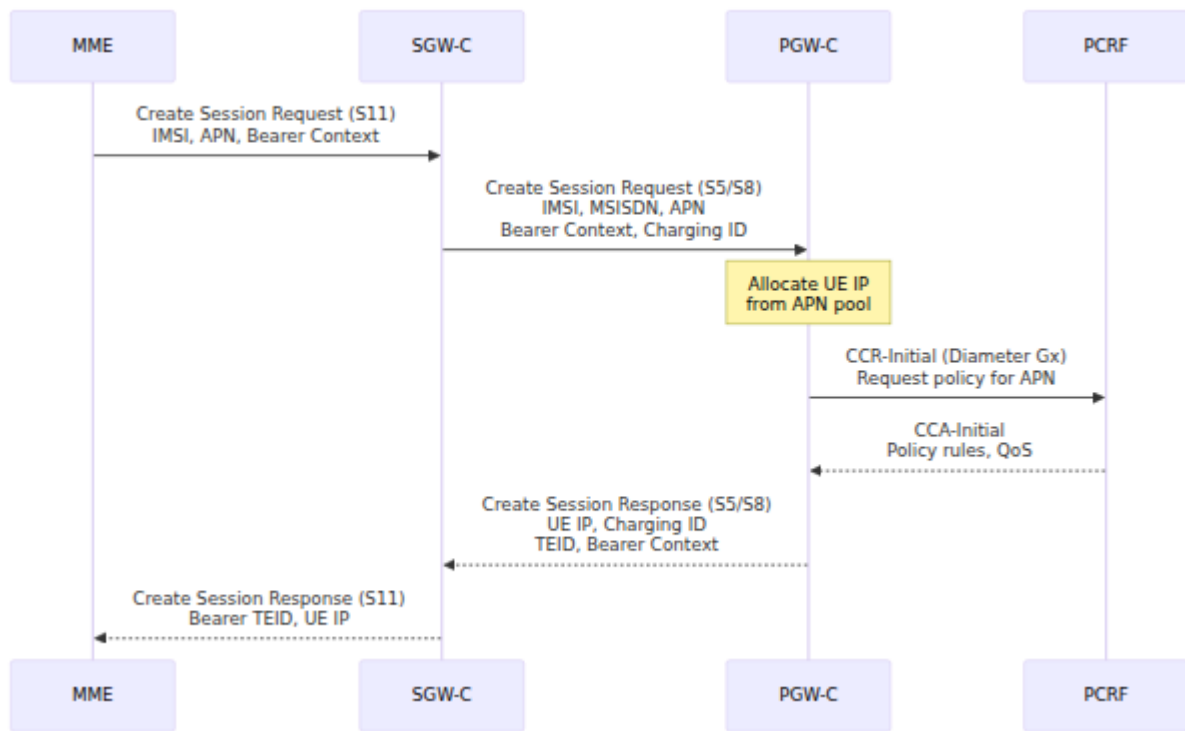
## Códigos de Resposta

| Código de Causa | Descrição                        | Recuperação                            |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| <b>0</b>        | Solicitação Aceita               | Sessão estabelecida                    |
| <b>16</b>       | Recursos não disponíveis         | Rejeitar para MME, ação do usuário     |
| <b>25</b>       | Erro semântico no IE             | Verificar formatação da mensagem       |
| <b>49</b>       | Nenhuma regra correspondente     | Incompatibilidade de política do PGW-C |
| <b>64</b>       | Contexto não encontrado          | Sessão já existe                       |
| <b>65</b>       | Erro semântico na resposta       | Reconfiguração do PGW                  |
| <b>72</b>       | IE obrigatório ausente/incorreto | Mensagem incompleta                    |

## Modificação de Sessão

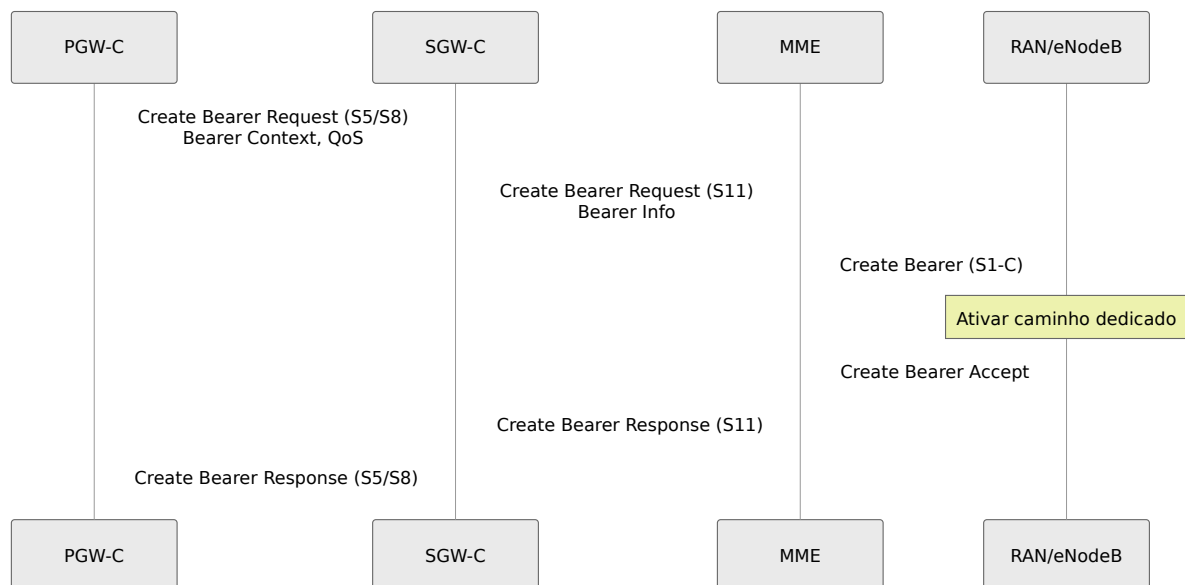
### Modificação de QoS do Bearer

Quando o MME solicita alterações de QoS via S11, o SGW-C propaga para o PGW-C via S5/S8.



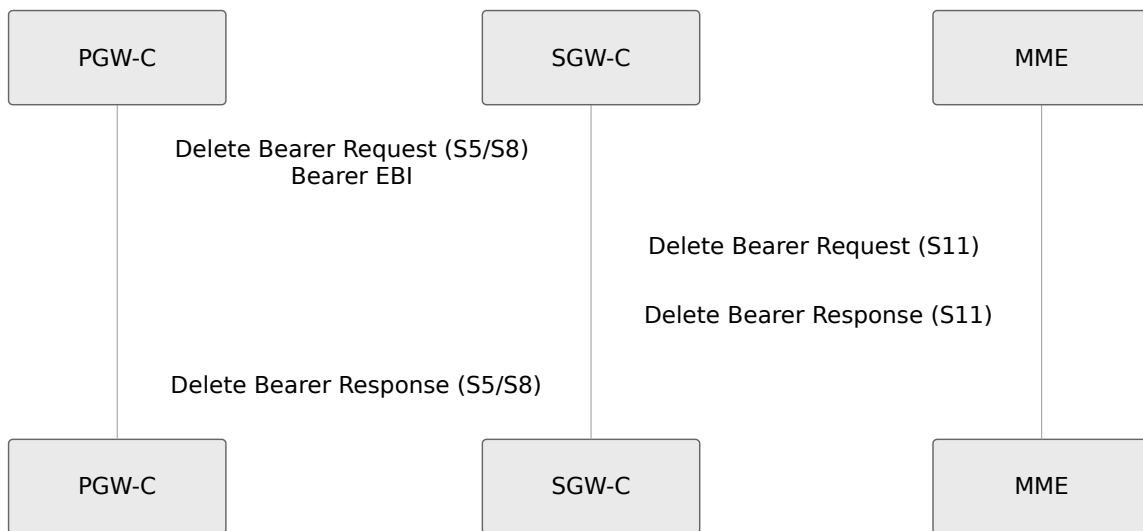
## Criação de Bearer (Bearer Dedicado)

O PGW-C pode solicitar a ativação de bearer dedicado via S5/S8:



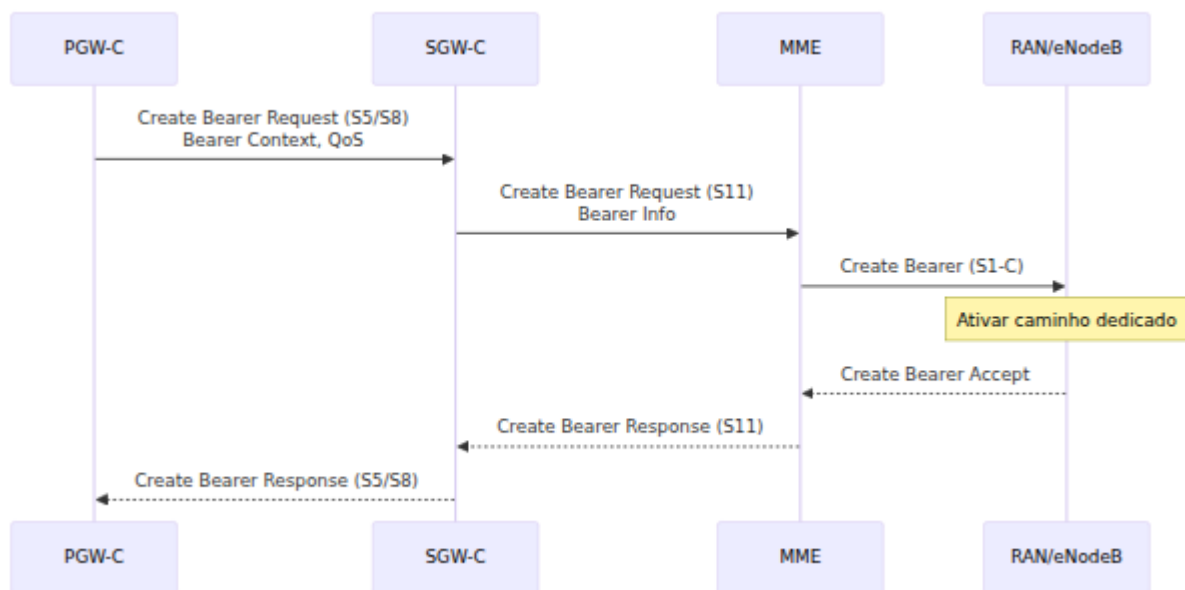
## Exclusão de Bearer (Bearer Dedicado)

Quando um bearer dedicado não é mais necessário:



# Terminação de Sessão

## Desconexão Normal de PDN



**Transições de Estado:**

[PDN Conectado]

↓ (Delete Session Request do MME)

[Liberando Sessão do PGW]

↓ (Resposta de Exclusão do PGW recebida)

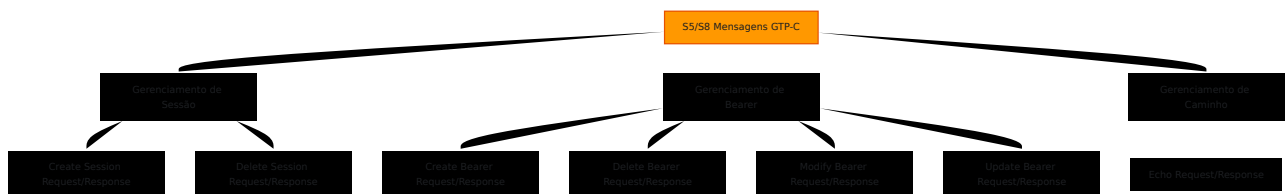
[Liberando Recursos do SGW]

↓ (TEID liberado, CDR registrado)

[PDN Desconectado]

# Tipos de Mensagens

## Resumo das Mensagens S5/S8



## Detalhes da Mensagem

### Create Session Request/Response

- **Gatilhos:** Anexação inicial, solicitação de conectividade PDN
- **Frequência:** ~1 por conexão PDN por UE
- **Direção:** Bidirecional

### Delete Session Request/Response

- **Gatilhos:** Desanexação, desconexão PDN
- **Frequência:** ~1 por término de conexão PDN
- **Direção:** Bidirecional

### Modify Bearer Request/Response

- **Gatilhos:** Alteração de QoS, modificação de bearer
- **Frequência:** Variável (0 a muitos por sessão)

- **Direção:** Bidirecional

### Create/Delete Bearer Request/Response

- **Gatilhos:** Ativação/desativação de bearer dedicado
- **Frequência:** Variável (0 a muitos por sessão)
- **Direção:** Bidirecional

### Echo Request/Response

- **Gatilhos:** Monitoramento de caminho/parceiro
  - **Frequência:** Periódica (recomendado 1/minuto no mínimo)
  - **Direção:** Bidirecional
- 

## Operações de Rede

### Monitoramento de Parceiros

Monitore a conectividade do PGW-C:

```
# Verificar TEIDs S5/S8 ativos
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep s5s8_teid

# Monitorar fluxo de mensagens S5/S8
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s5s8_inbound_messages_total

# Esperado: fluxo constante de mensagens Create/Delete/Modify
```

### Verificação de Sessão PDN

Inspecione conexões PDN ativas:

Web UI → Página de Sessões do UE

- └ Para cada sessão UE:
  - └ Parceiro PGW-C associado
  - └ ID de Cobrança (do PGW)
  - └ Endereço IP do UE (do PGW)
  - └ Lista de Bearers com QoS
  - └ Par TEID S5/S8

## Inspeção do Fluxo de Mensagens

Rastreie a atividade das mensagens S5/S8:

```
# Contar operações de Create Session
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
create_session_request_total

# Monitorar modificações de bearer
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep modify_bearer

# Verificar taxa de erro
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s5s8_inbound_errors_total
```

## Estratégia de Seleção do PGW

Se múltiplos pares PGW-C configurados:

Lógica de Seleção:

- └ Balanceado por carga: Round-robin entre os pares
- └ Sticky: O mesmo APN sempre usa o mesmo PGW
- └ Ativo-Standby: Failover quando o parceiro está indisponível
- └ Personalizado: Lógica específica da aplicação

Monitore a distribuição:

```
# Sessões por parceiro PGW
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep session_by_pgw_peer
```

# Solução de Problemas

## Falhas no Estabelecimento de Sessão

**Problema:** "Create Session Request rejeitado pelo PGW"

**Diagnóstico:**

```
# Verificar código de causa
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
create_session_response_cause

# Verificar conectividade do PGW
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep s5s8_peer_status
```

**Causas Comuns & Soluções:**

| Causa | Razão                        | Solução                                                              |
|-------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 16    | Sem recursos                 | Verificar capacidade do PGW, exaustão do pool de IP                  |
| 25    | Erro semântico               | Verificar se o contexto do bearer corresponde às expectativas do PGW |
| 49    | Nenhuma regra correspondente | Verificar configuração do APN no PGW                                 |
| 72    | IE ausente                   | Verificar se o MME está enviando os campos necessários               |

## Falhas nas Operações de Bearer

**Problema:** "Modify Bearer Request falha"

## Diagnóstico:

1. Verificar métricas para taxa de erro de modify\_bearer
2. Inspecionar parâmetros de QoS quanto à validade
3. Verificar se o PGW é acessível

## Soluções:

- Reduzir a frequência de modificação de QoS
- Verificar se os valores de QoS estão dentro da política do PGW
- Verificar o PGW para problemas de PCRF/política

# Problemas de Timeout de Mensagens

**Problema:** "Mensagens S5/S8 expirando"

## Métricas:

```
# Latência da mensagem
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s5s8_inbound_duration_seconds

# Contagem de timeouts
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep s5s8_timeout_total
```

## Soluções:

- Aumentar message\_timeout\_ms se a RTT da rede for alta
- Verificar congestionamento da rede
- Verificar disponibilidade de CPU/memória do PGW
- Monitorar perda de pacotes

# Incompatibilidade de ID de Cobrança

**Problema:** "Incompatibilidade de ID de Cobrança nos CDRs"

## Diagnóstico:

- Verificar se o PGW está retornando um ID de Cobrança válido
- Verificar logs de CDR para ID de Cobrança ausente
- Comparar CDRs do SGW e do PGW

### **Solução:**

- Garantir que o PGW envie o ID de Cobrança em todas as respostas
- Lidar com ID de Cobrança ausente de forma adequada no registro de CDR

Para referência detalhada de métricas e configuração do painel do Prometheus, consulte o [Guia de Monitoramento & Métricas](#).

---

## **Melhores Práticas**

### **Configuração**

- **Redundância do PGW:** Configurar múltiplos pares PGW-C para failover
- **Distribuição de Carga:** Usar round-robin para carga equilibrada
- **Timeouts:** Definir apropriadamente com base na RTT do WAN (típico: 5-10 segundos)
- **Tentativas:** 2-3 tentativas com retrocesso exponencial

### **Operações**

- **Saúde do Parceiro:** Monitorar tempos de resposta do echo
- **Roteamento de APN:** Correspondência da configuração do APN do SGW com os APNs do PGW
- **Rastreamento de Erros:** Alertar sobre taxa de erro S5/S8 sustentada
- **Planejamento de Capacidade:** Monitorar uso do pool de IP no PGW

### **Gerenciamento de Sessão**

- **Limites de Sessão:** Rastrear sessões concorrentes vs. capacidade do PGW

- **Contagem de Bearer:** Monitorar distribuição de bearer padrão + dedicado
  - **Validação de QoS:** Verificar parâmetros de QoS aceitos pelo PGW
  - **Cobrança:** Verificar ID de Cobrança recebido e registrado
- 

# Integração com Outras Interfaces

## Coordenação S11 ↔ S5/S8

```
Fluxo de Mensagem S11 (do MME)
↓
Processamento da Sessão SGW-C
↓
Mensagem S5/S8 (para PGW-C)
↓
Aguardar Resposta
↓
Resposta S11 (de volta para MME)
```

## Coordenação S5/S8 ↔ Sxa

```
Resposta de Criação de Sessão S5/S8 (do PGW)
↓
Extrair Informações de Bearer/QoS
↓
Estabelecimento de Sessão Sxa (para SGW-U)
↓
Aguardar Planejamento de Usuário Pronto
↓
Completar Resposta de Criação de Sessão S11
```

# Guia de Gerenciamento de Sessão

## Ciclo de Vida e Operações da Sessão UE

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

---

## Índice

1. Visão Geral
  2. Ciclo de Vida da Sessão
  3. Estados da Sessão
  4. Operações de Bearer
  5. Tratamento de Mobilidade
  6. Procedimentos de Handover
  7. Procedimentos Operacionais
  8. Inspeção de Sessão
  9. Solução de Problemas
- 

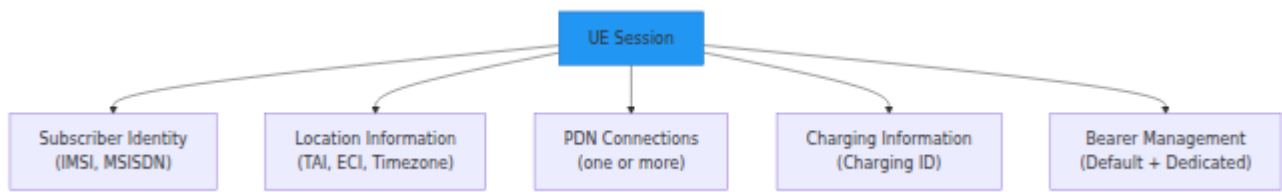
## Visão Geral

Uma Sessão UE representa um dispositivo móvel ativo conectado à rede. O SGW-C mantém o contexto da sessão e coordena entre:

- **MME** - Entidade de Gerenciamento de Mobilidade (via S11)
- **PGW-C** - Plano de Controle do Gateway de Pacotes (via S5/S8)
- **SGW-U** - Encaminhamento do Plano do Usuário (via Sxa)

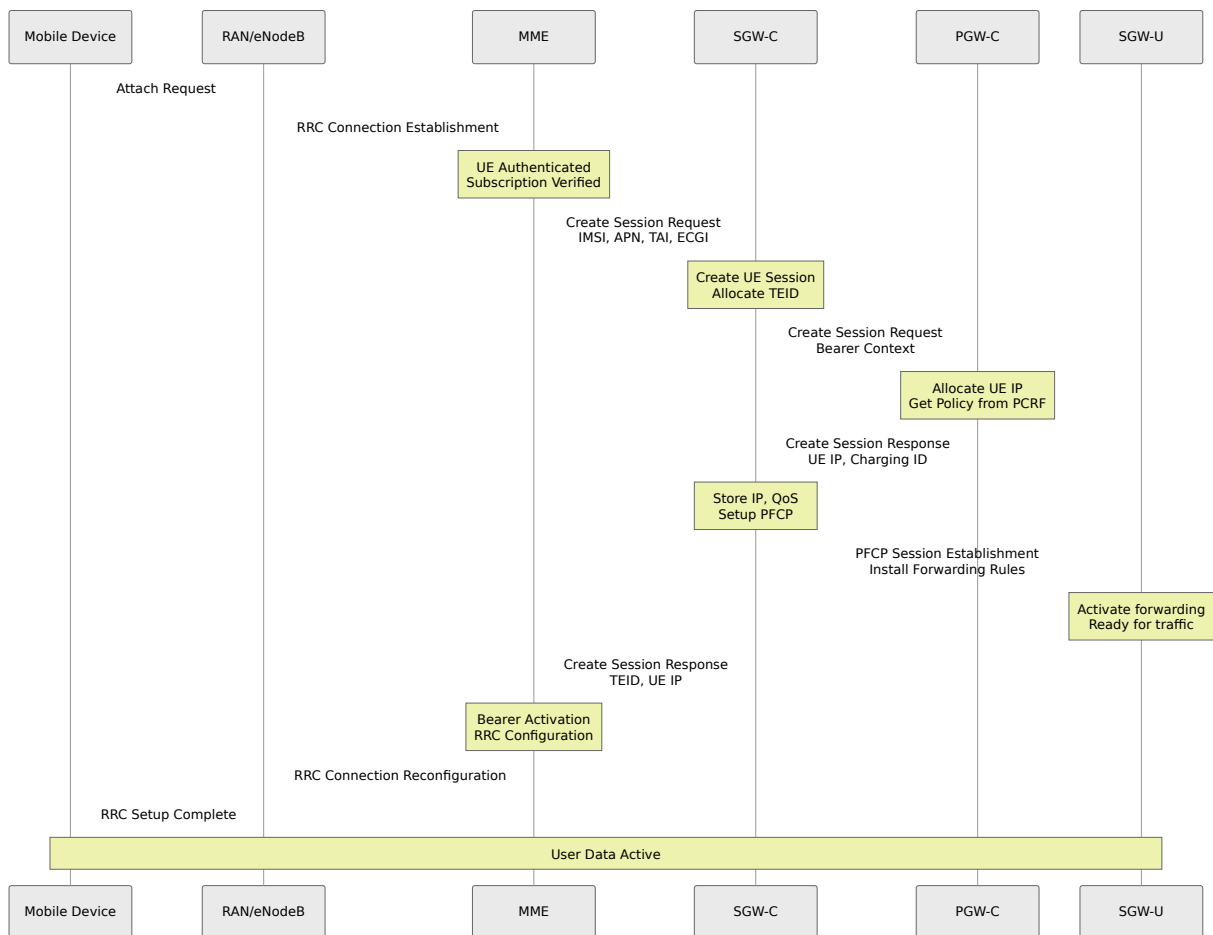
Cada sessão tem um IMSI único (identidade do assinante) e pode conter uma ou mais conexões PDN.

# Responsabilidades da Sessão

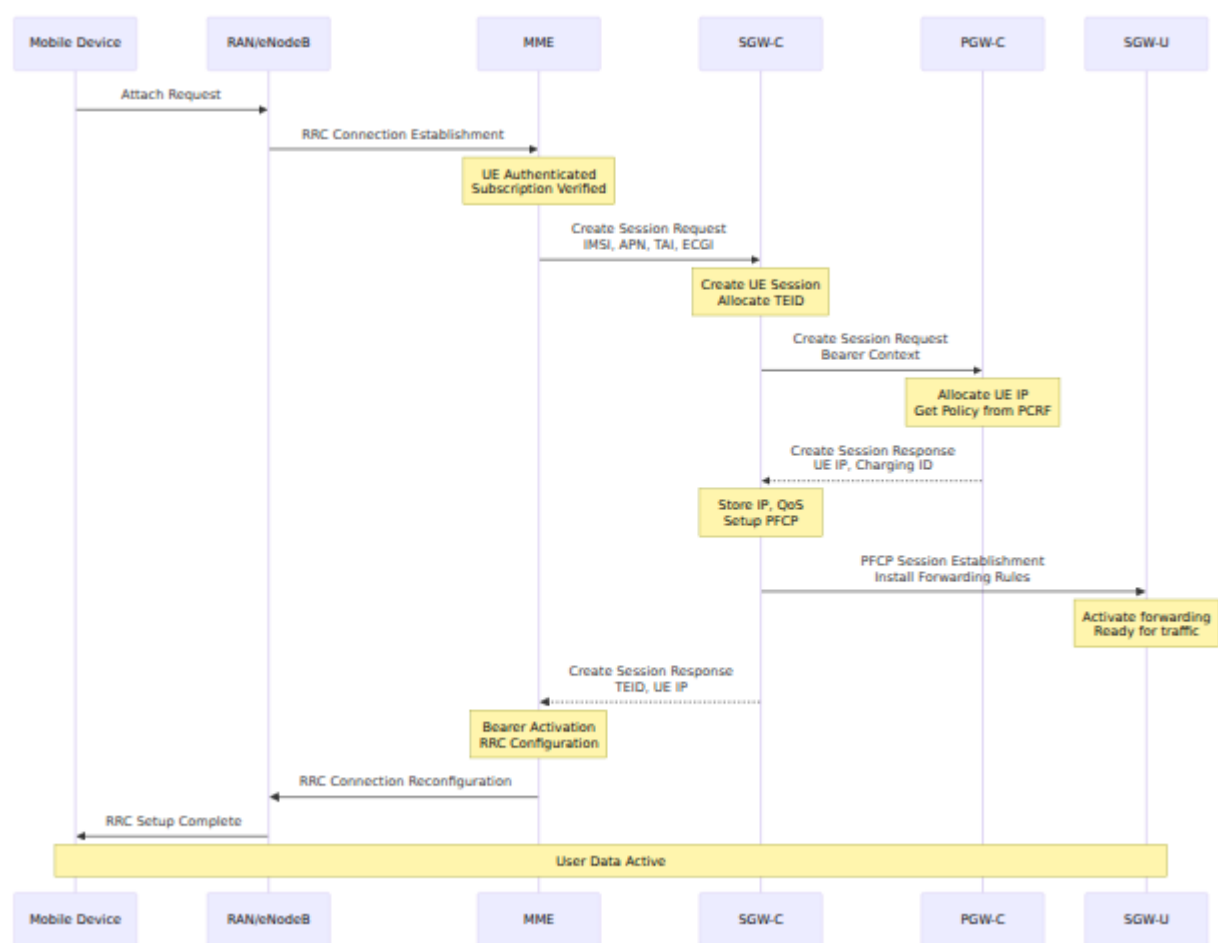


# Ciclo de Vida da Sessão

## Criação da Sessão (Anexação da UE)



# Terminação da Sessão (Desanexação da UE)



# Estados da Sessão

## Máquina de Estados da Sessão UE

```
[No Session]
  ↓ (Create Session Request from MME)
[Creating Session - PGW]
  ↓ (Create Session Response from PGW)
[Creating Session - User Plane]
  ↓ (PFCP Session Establishment Response)
[Session Active]
  ↓ (Modify Bearer Request or bearer changes)
[Session Modifying]
  ↓ (Modification Complete)
[Session Active]
  ↓ (Delete Session Request or network error)
[Session Terminating]
  ↓ (All responses received, CDR logged)
[Session Terminated]
```

# Variáveis de Estado Chave

Session State:

- |— IMSI: Mobile subscriber identity
- |— GUTI: Temporary ID from MME
- |— Location:
  - |— TAI: Current tracking area
  - |— ECI: Current cell
  - |— Timezone: UE timezone
- |— PDN Connections: Array of PDN connection contexts
  - |— APN: Access Point Name
  - |— TEID (S11): To MME
  - |— TEID (S5/S8): To PGW-C
  - |— Charging ID: From PGW-C
  - |— UE IP: From PGW-C
  - |— PGW-C Address: S5/S8 peer
  - |— Bearers: Default + Dedicated
    - |— EBI: Bearer ID
    - |— QCI: QoS class
    - |— ARP: Priority
    - |— GBR: Guaranteed rate
    - |— MBR: Maximum rate
- |— Charging: Charging ID, event log

---

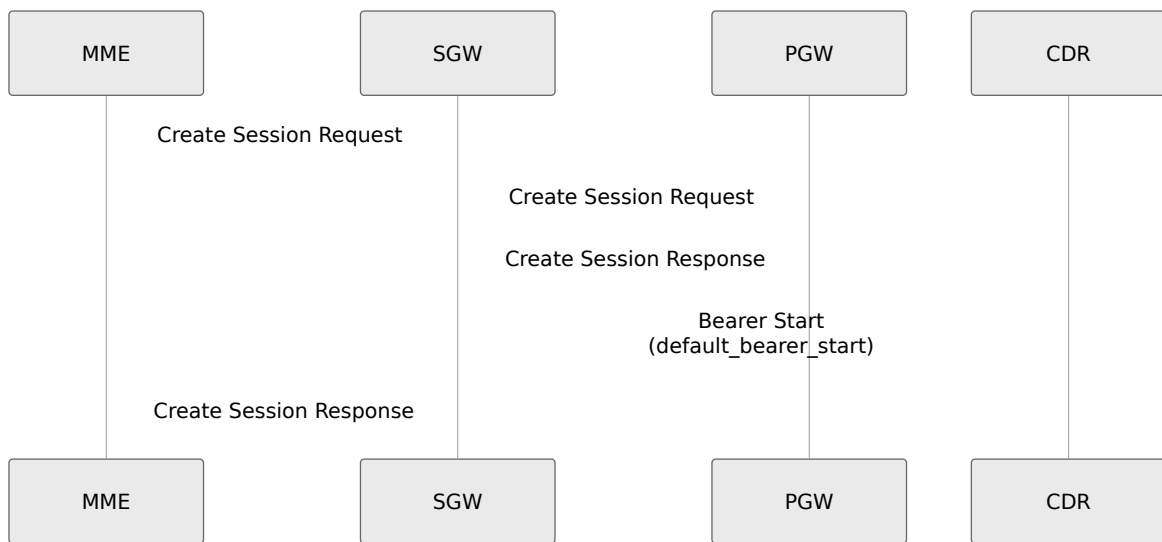
## Operações de Bearer

### Bearer Padrão

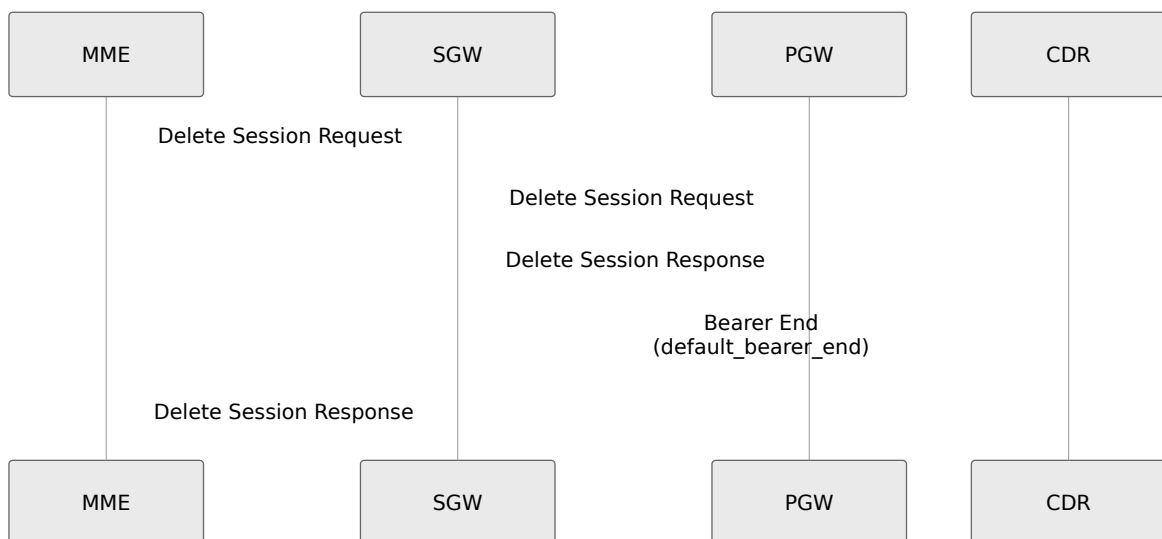
O bearer padrão é criado com cada conexão PDN:

- **QoS:** Tipicamente QCI 9 (esforço máximo)
- **Lifetime:** O mesmo da conexão PDN
- **Traffic:** Transporta todo o tráfego não correspondido por bearers dedicados
- **Mandatory:** Cada conexão PDN deve ter um bearer padrão

**Evento de Início do Bearer:**



### Evento de Fim do Bearer:



## Bearers Dedicados

Bearers dedicados fornecem QoS premium para serviços específicos:

- **Activation:** Solicitado por aplicação ou política de rede
- **QoS:** QCI 1-8 (vários tipos de serviço)
- **Lifetime:** Pode ser mais curto que a conexão PDN
- **Optional:** Zero ou mais por conexão PDN

### Ativação do Bearer Dedicado:

Application Trigger

↓

PGW-C Policy Decision (via PCRF)

↓

Create Bearer Request (S5/S8)

↓

SGW forwards to MME (S11)

↓

MME activates bearer on RAN

↓

Create Bearer Response back through SGW to PGW

## Desativação do Bearer Dedicado:

Network or Application Decision

↓

Delete Bearer Request (S5/S8)

↓

SGW forwards to MME (S11)

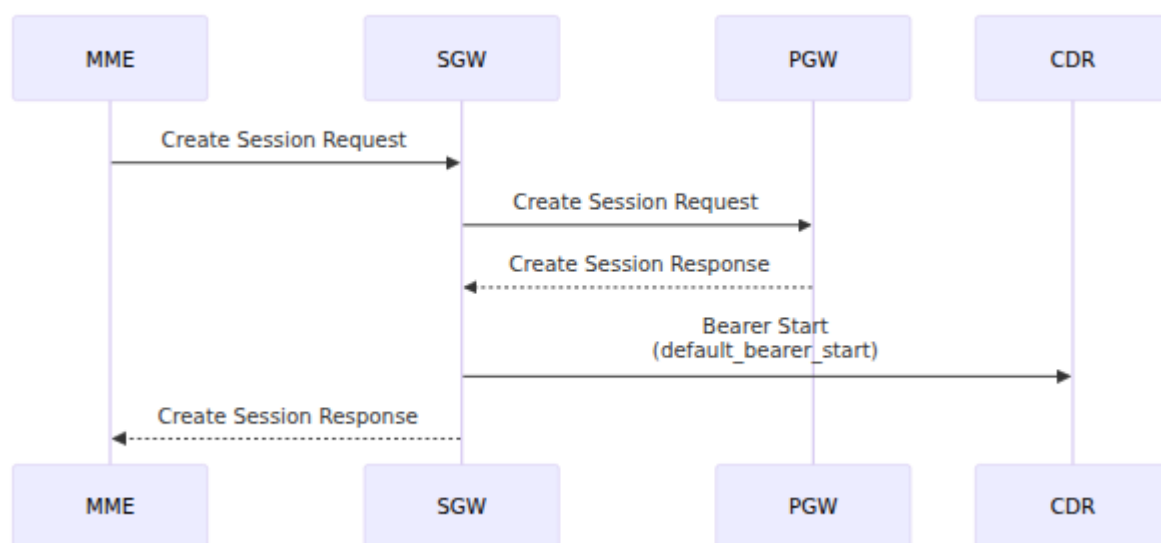
↓

MME deactivates bearer on RAN

↓

Delete Bearer Response back through SGW to PGW

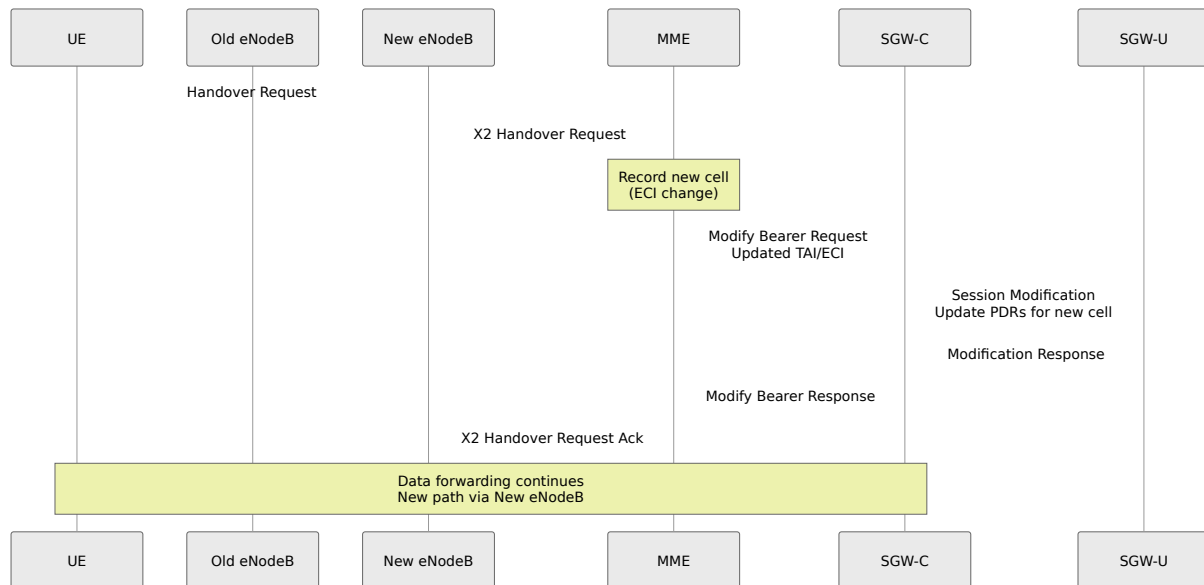
## Classes de QoS do Bearer



# Tratamento de Mobilidade

## Handover Intra-MME (Sem Mudança de SGW)

**Cenário:** UE se move entre células na mesma área de MME

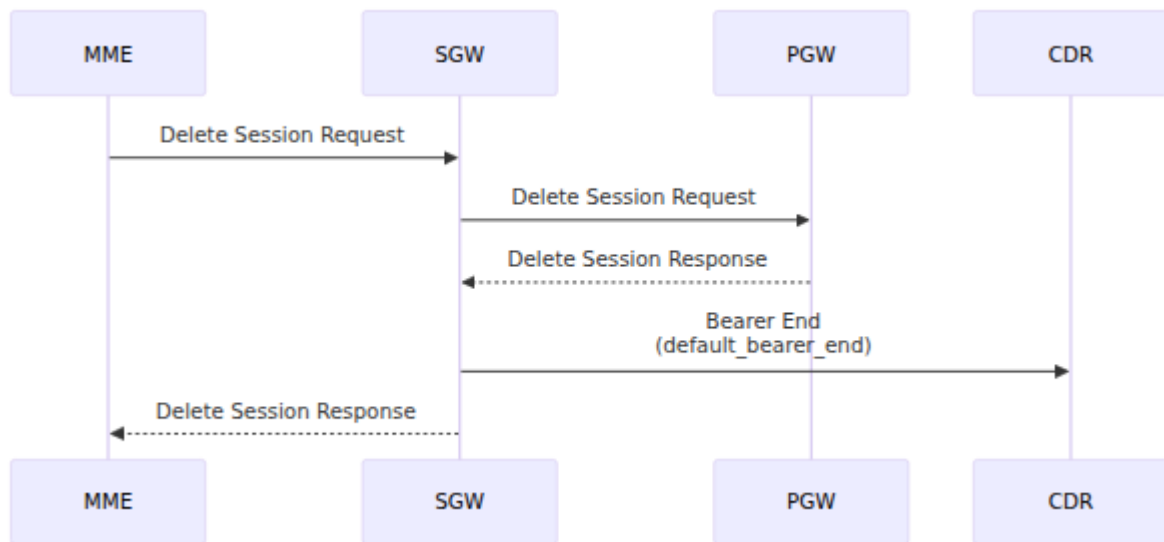


### Impacto na Sessão:

- A sessão permanece ativa
- TEID permanece o mesmo
- Localização atualizada na sessão
- CDR continua com o mesmo Charging ID

## Handover Inter-MME (Com Mudança de SGW)

**Cenário:** UE se move para um MME diferente, novo SGW necessário



### Impacto na Sessão:

- A sessão antiga é encerrada, CDR registrado com indicação de "handover"
- Nova sessão criada com o mesmo Charging ID
- O encaminhamento de dados mantém a conectividade
- O plano do usuário é redirecionado através do novo SGW-U

## Atualização da Área de Rastreamento (TAU)

### TAU sem Mudança de SGW:

```
UE updates location
↓
MME sends TAU Accept
↓
MME updates SGW with new location
↓
SGW modifies session (TAI, ECI)
↓
No service interruption
```

### TAU com Mudança de SGW:

- Semelhante ao handover inter-MME
- Sessão migrada para novo SGW
- Coordenação de CDR entre SGW antigo e novo

---

# Procedimentos de Handover

## Fase de Preparação

Antes que o handover seja concluído:

1. **Seleção do Novo SGW-U** - Escolher caminho de encaminhamento
2. **Instalação do PDR** - Instalar novas regras de encaminhamento
3. **Ativação do Buffer** - Habilitar buffering para pacotes em trânsito
4. **Coordenação de Sinalização** - Troca de mensagens S11/S5/S8

## Fase de Encaminhamento de Dados

Durante a transição do handover:

- **Buffering no SGW-U Antigo** - Pacotes retidos temporariamente
- **Buffering no SGW-U Novo** - Pronto para receber
- **Tunneling GTP** - Dados encaminhados do caminho antigo para o novo
- **Sequenciamento de Pacotes** - Manter a ordem

## Fase de Conclusão

Após a conclusão do handover:

1. **Flush do Buffer** - Pacotes em buffer liberados
  2. **Mudança de Caminho** - Tráfego muda para o novo caminho
  3. **Limpeza do Caminho Antigo** - Liberar regras de encaminhamento antigas
  4. **Atualizações da Sessão** - Localização e TEID atualizados
-

# Procedimentos Operacionais

## Inspeção de Sessão

Monitore sessões ativas via Web UI:

1. Abra `http://<sgw-ip>:<port>/ue_sessions`
2. Veja todas as sessões UE ativas
3. Pesquise por IMSI, GUTI ou número de telefone
4. Clique na sessão para ver detalhes:
  - Localização (TAI, ECI)
  - Bearers ativos e QoS
  - Associação PGW-C
  - Informações do par TEID
  - Charging ID

A visão geral das Sessões UE exibe todas as sessões ativas com identificadores principais:

Clique em qualquer sessão para ver detalhes abrangentes, incluindo TEIDs, localização, bearers e conexões PDN:

Veja o [Guia de OPERAÇÕES](#) para navegação na Web UI e instruções de acesso.

## Monitoramento de Métricas

Acompanhe as métricas da sessão:

```
# Contar sessões ativas
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep active_ue_sessions

# Contar bearers ativos
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep active_bearers

# Monitorar por APN
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep sessions_by_apn

# Monitorar taxa de mensagens
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep
s11_inbound_messages_total
```

Para uma referência completa das métricas disponíveis, painéis do Prometheus e configuração de alertas, veja o [Guia de Monitoramento & Métricas](#).

## Terminação de Sessão Limpa

Para encerrar uma sessão de forma limpa:

1. **Acionar via API:** Solicitar a exclusão da sessão

2. **Aguardar conclusão:** Monitorar o estado da sessão
3. **Verificar limpeza:** Checar métricas
4. **Revisar CDR:** Confirmar registro final

## Limites de Sessão

Monitore em relação à capacidade:

```
# Verificar carga atual
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | \
  grep -E "active_ue_sessions|active_bearers" | \
  awk '{print $NF}'

# Alertar a 80% da capacidade licenciada
# Lidar de forma limpa ao atingir limites
```

---

## Solução de Problemas

### Sessão Não Estabelece

**Sintoma:** Falha na Solicitação de Criação de Sessão

**Diagnóstico:**

1. Verifique as métricas para o código de causa
2. Inspecione os logs de erro do S11
3. Verifique a conectividade do PGW
4. Verifique a disponibilidade do Charging ID

**Causas Comuns:**

| Causa                   | Solução                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
| PGW inacessível         | Verifique a conectividade da rede S5/S8         |
| Nenhum IP disponível    | Verifique o status do pool de IP do PGW         |
| APN não configurado     | Verifique o APN no PGW                          |
| Nenhum SGW-U disponível | Assegure que a associação do SGW-U esteja ativa |
| Desajuste de política   | Verifique a configuração da política do PGW     |

## Sessão Cai Inesperadamente

**Sintoma:** Sessão ativa termina sem Solicitação de Exclusão

### Diagnóstico:

1. Verifique os logs para mensagens de erro
2. Monitore o status do heartbeat do SGW-U
3. Verifique a conectividade do PGW
4. Revise as métricas para picos de erro

### Causas Comuns:

| Causa               | Solução                            |
|---------------------|------------------------------------|
| Falha do SGW-U      | Reinicie o SGW-U, monitore os logs |
| Desconexão de rede  | Verifique o status da interface    |
| Falha do PGW        | Falha para o PGW de backup         |
| Timeout de mensagem | Aumente o timeout, verifique o RTT |

# Falhas de Handover

**Sintoma:** Handover perde pacotes ou falha completamente

**Diagnóstico:**

1. Monitore as mensagens Modify Bearer
2. Verifique as atualizações de regras PFCP
3. Verifique a configuração de encaminhamento de dados
4. Verifique o buffering do bearer

**Causas Comuns:**

| Causa                              | Solução                                          |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Buffering desativado               | Ative o BAR nas regras PFCP                      |
| PDR não atualizado                 | Verifique se as modificações PFCP foram enviadas |
| Caminho de encaminhamento quebrado | Verifique o roteamento para o novo SGW-U         |
| Tempo muito curto                  | Aumente o timeout do handover                    |

# Alta Latência de Mensagem

**Sintoma:** Processamento de mensagens S11/S5-S8 lento

**Diagnóstico:**

```
# Verificar latência de mensagens
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | \
  grep "inbound_duration_seconds"

# Verificar profundidade da fila
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | \
  grep queue_depth

# Verificar carga do sistema
top -n1 | head -1
```

### **Soluções:**

1. Aumente o timeout da mensagem se o RTT da rede estiver alto
2. Balanceie a carga entre várias instâncias do SGW-C
3. Monitore e reduza a taxa de mensagens
4. Verifique se há sessões travadas

## **Problemas de Geração de CDR**

**Sintoma:** CDRs ausentes ou incompletos

### **Diagnóstico:**

1. Verifique se o diretório CDR existe
2. Verifique as permissões de gravação
3. Verifique o espaço em disco
4. Revise se há erros de geração nos logs

### **Soluções:**

```
# Monitorar a geração de CDR
tail -f /var/log/sgw_c/cdrs/*

# Verificar permissões de arquivo
ls -la /var/log/sgw_c/cdrs/

# Garantir que o diretório seja gravável
chmod 755 /var/log/sgw_c/cdrs/
```

Veja o [Guia de Formato de CDR](#) para referência completa dos campos de CDR e detalhes de integração.

---

# Melhores Práticas

## Gerenciamento de Sessão

- **Monitorar Capacidade:** Acompanhar vs. limites licenciados
- **Alertar em Limiares:** Acionar a 70-80% da capacidade
- **Degradação Limpa:** Drenar antes da manutenção
- **Verificações de Saúde:** Monitorar conectividade de pares

## Operações de Handover

- **Failover Rápido:** Configurar heartbeat agressivo
- **Handover Limpo:** Garantir buffering habilitado
- **Redundância de Caminho:** Múltiplos pares SGW-U
- **Testes:** Simulações regulares de handover

## Coordenação de Cobrança

- **Verificar Charging ID:** Garantir alocação do PGW
- **Validação de CDR:** Comparar CDRs do SGW e PGW
- **Correlação de Eventos:** Vincular eventos de CDR entre gateways
- **Arquivamento:** Armazenamento de CDR a longo prazo



# Documentação da Interface Sxa

## Comunicação PFCP com SGW-U

*OmniSGW da Omnitouch Network Services*

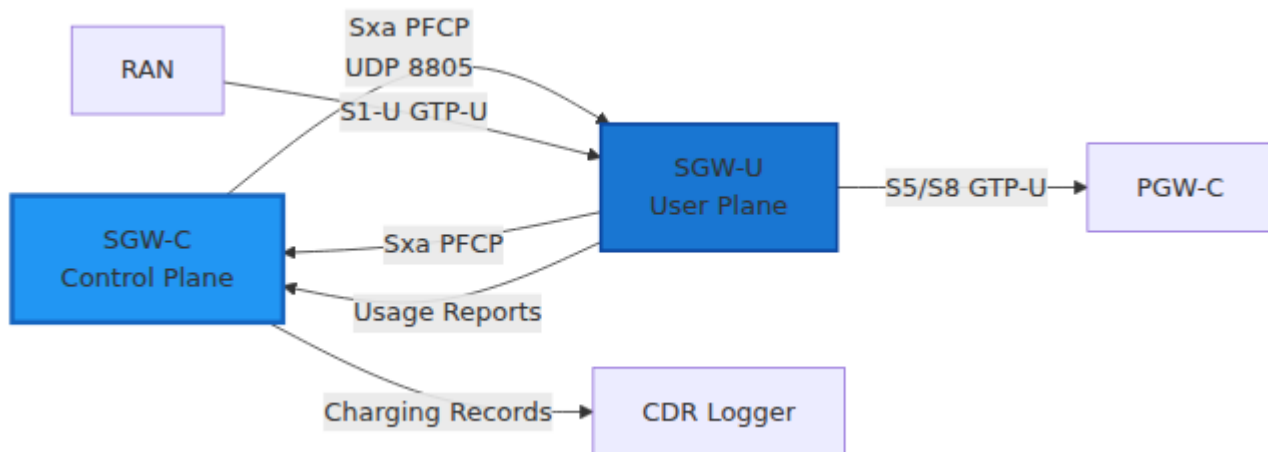
---

## Índice

1. [Visão Geral](#)
  2. [Detalhes do Protocolo](#)
  3. [Configuração](#)
  4. [Associação PFCP](#)
  5. [Gerenciamento de Sessão](#)
  6. [Regras PFCP](#)
  7. [Relatórios de Uso](#)
  8. [Operações de Rede](#)
  9. [Solução de Problemas](#)
- 

## Visão Geral

A **interface Sxa** conecta o OmniSGW ao SGW-U (Serving Gateway User Plane) usando o protocolo **PFCP** (Packet Forwarding Control Protocol). Esta interface controla o encaminhamento de pacotes do plano do usuário, a aplicação de QoS e a geração de relatórios de uso.



## Principais Recursos

- **PFCP v1.0** - Controle de encaminhamento de pacotes em conformidade com os padrões
- **Rastreamento de Sessão Baseado em SEID** - Identificadores de Ponto de Extremidade de Sessão para associação
- **Regras de Detecção de Pacotes** - Correspondência flexível de pacotes para uplink/downlink
- **Regras de Ação de Encaminhamento** - Controle de roteamento e encapsulação de pacotes
- **Aplicação de QoS** - Limitação de taxa de bits por bearer e priorização
- **Medição de Uso** - Rastreamento de volume para cobrança e análises
- **Controle de Buffering** - Buffering automático durante eventos de mobilidade

---

## Detalhes do Protocolo

### Versão PFCP 1.0

- **Protocolo:** PFCP v1.0 (3GPP TS 29.244)
- **Transporte:** UDP
- **Porta:** 8805 (padrão)
- **Tipo de Interface:** Control Plane

- **Modelo de Associação:** CP e UP formam uma associação persistente

## SEID (Identificador de Ponto de Extremidade de Sessão)

Cada sessão tem SEIDs únicos para rastreamento:

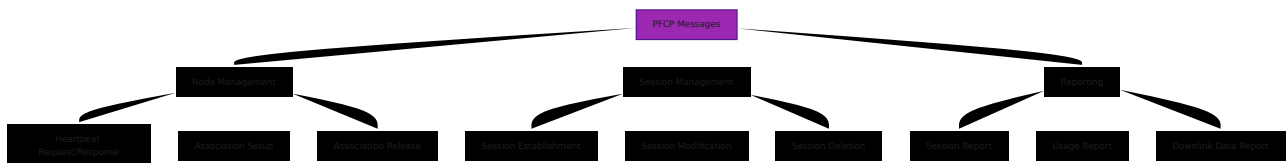
- **CP SEID** - Alocado pelo SGW-C, usado em mensagens de uplink para SGW-U
- **UP SEID** - Alocado pelo SGW-U, usado em mensagens de downlink para SGW-C

Message Routing:

SGW-C → SGW-U: Uses SGW-U's UP SEID

SGW-U → SGW-C: Uses SGW-C's CP SEID

## Visão Geral dos Tipos de Mensagem



# Configuração

## Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :sgw_c,
  sxa: %{
    # Endereço IP local para a interface Sxa
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Substituir a porta padrão
    local_port: 8805,

    # SGW-U peers para conectar
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-1.example.com"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.31",
        node_id: "sgw-u-2.example.com"
      }
    ],

    # Intervalo de heartbeat da associação (segundos)
    heartbeat_interval_s: 20,

    # Tempo limite para estabelecimento de sessão (milissegundos)
    session_timeout_ms: 5000,

    # Máximo de tentativas para operações de sessão
    max_retries: 3
  }
```

## Requisitos de Rede

### Regras de Firewall:

```
# Permitir PFCP da rede SGW-U
iptables -A INPUT -p udp --dport 8805 -s <sgwu_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir PFCP de saída para SGW-U
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 8805 -d <sgwu_network>/24 -j
ACCEPT
```

## Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede SGW-U
ip route add <sgwu_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

## Teste de Rede:

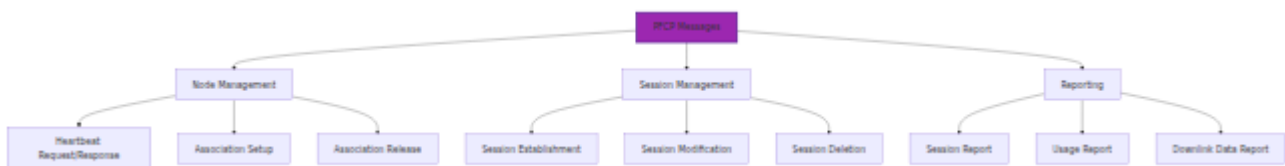
```
# Testar conectividade PFCP
# Verificar logs para a mensagem "Association Setup Complete"

# Monitorar sessões PFCP ativas
curl http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_registry_count
```

# Associação PFCP

## Ciclo de Vida da Associação

Antes que qualquer sessão possa ser estabelecida, SGW-C e SGW-U devem formar uma associação PFCP.



# Máquina de Estados da Associação

```
[Disconnected]
  ↓ (Setup Request)
[Associating]
  ↓ (Setup Response OK)
[Associated]
  ↓ (Session Creates)
[Sessions Active]
  ↓ (Heartbeat Failure)
[Re-associating]
  ↓ (Setup OK or Timeout)
[Associated or Disconnected]
```

## Manipulação de Recuperação

Se uma associação PFCP for perdida e recuperada:

### 1. Detecção de Recuperação:

- O tempo limite do heartbeat aciona a recuperação
- Nova Associação Setup enviada
- Timestamp de Recuperação verificado

### 2. Recuperação de Sessão:

- Sessões podem ou não ser recuperáveis
- Consultar SGW-U para sessões existentes
- Reestabelecer sessões perdidas, se necessário

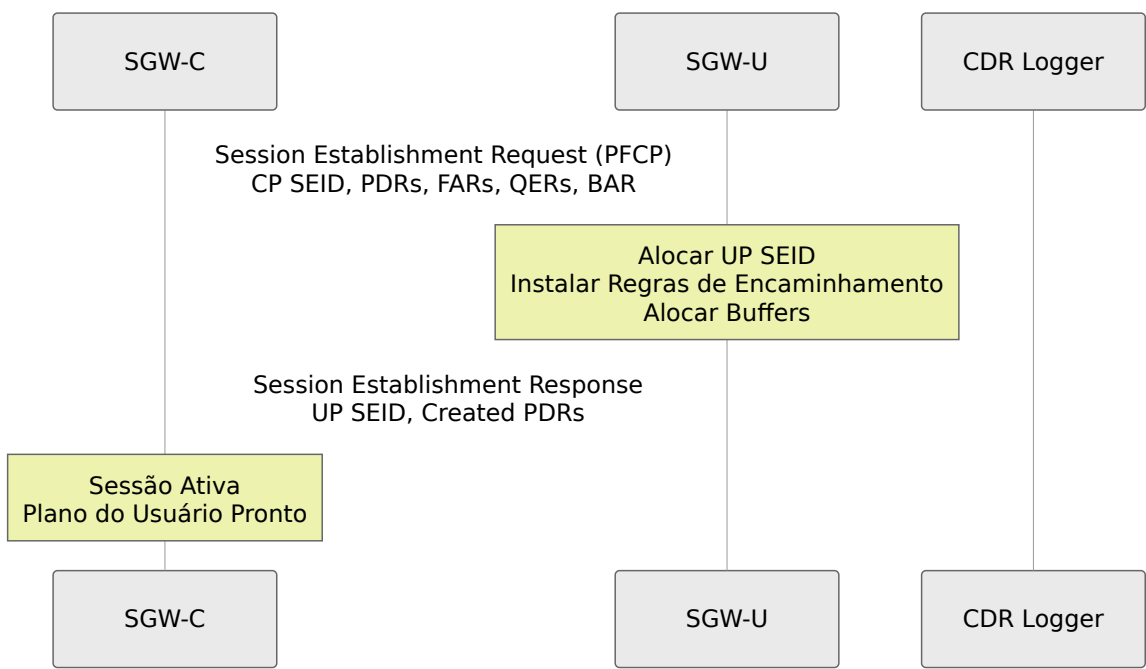
### 3. Encaminhamento de Dados:

- Buffering do plano do usuário em SGW-U durante a recuperação
  - PDRs permanecem ativos até serem explicitamente excluídos
  - Minimizar perda de pacotes durante a troca
-

# Gerenciamento de Sessão

## Estabelecimento de Sessão

**Gatilho:** Create Session Request do MME (recebido no S11)



### Elementos de Informação Enviados:

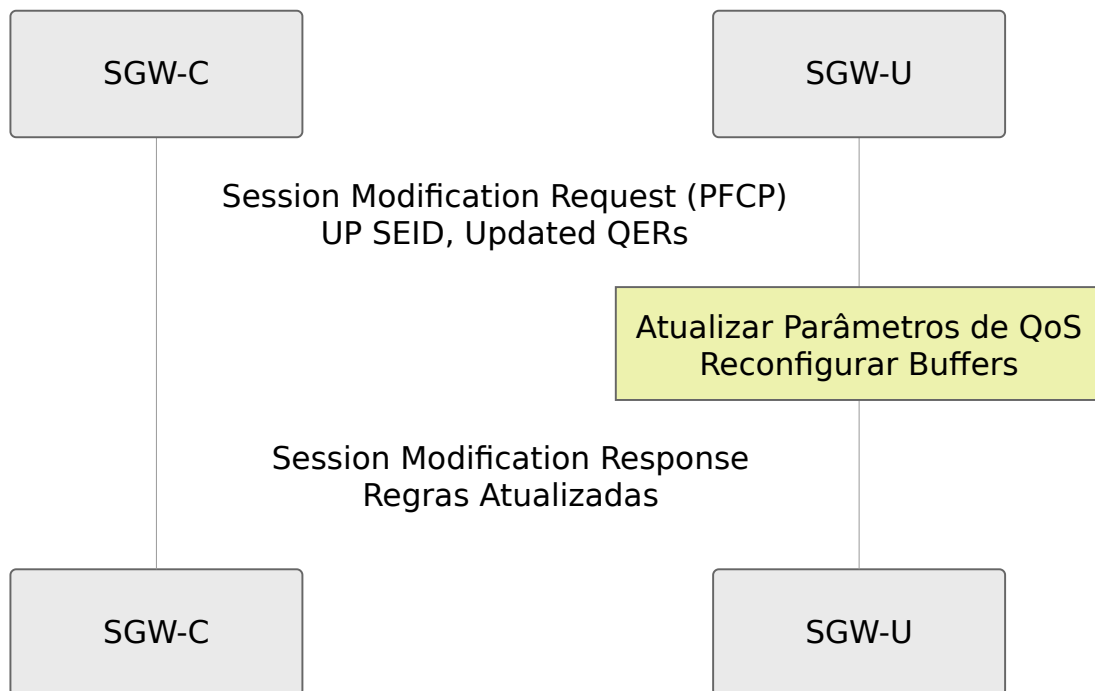
| Elemento   | Descrição                                   |
|------------|---------------------------------------------|
| CP SEID    | Alocado pelo SGW-C para esta sessão         |
| PDRs       | Regras de Detecção de Pacotes (veja abaixo) |
| FARs       | Regras de Ação de Encaminhamento            |
| QERs       | Regras de Aplicação de QoS                  |
| BAR        | Regra de Ação de Buffering para mobilidade  |
| Create PDR | Identificadores de regra para resposta      |

### Estado da Sessão:

[No Session]  
↓ (Establishment Request)  
[Establishing]  
↓ (Establishment Response)  
[Session Active]

## Modificação de Sessão

**Gatilho:** Modify Bearer Request do MME (mudança de QoS, handover)

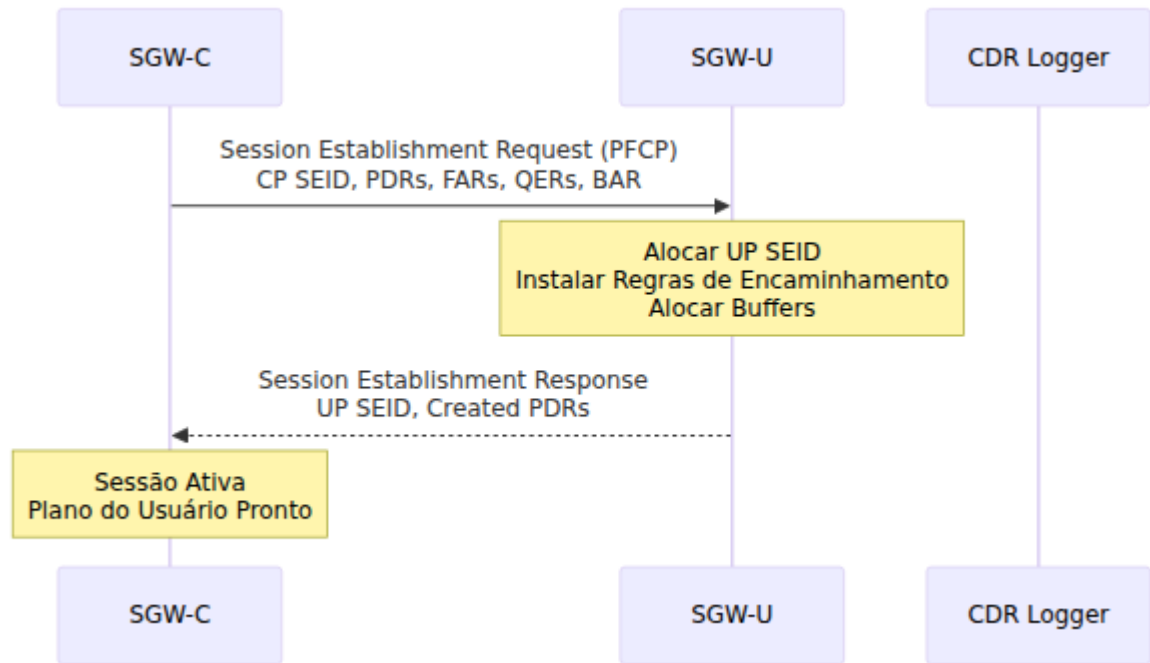


**Modificações Comuns:**

| Modificação      | Elementos Atualizados | Razão                               |
|------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Mudança de QoS   | QERs                  | Atualização/baixamento do bearer    |
| Handover         | PDRs, FARs            | Mudança de eNodeB, seleção de SGW-U |
| Adicionar Bearer | Nova PDR, FAR, QER    | Ativação de bearer dedicado         |
| Excluir Bearer   | Remover PDR, FAR, QER | Desativação de bearer               |

# Exclusão de Sessão

**Gatilho:** Delete Session Request do MME (desanexar)



**Estado da Sessão:**

```
[Session Active]
  ↓ (Deletion Request)
[Deleting]
  ↓ (Deletion Response)
[Session Terminated]
```

---

# Regras PFCP

## PDR (Regra de Detecção de Pacote)

Corresponde pacotes de entrada para identificar fluxos de tráfego.

### Critérios de Detecção de Pacote:

| <b>Critério</b>               | <b>Descrição</b>                        | <b>Exemplo</b>              |
|-------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Interface de Origem</b>    | De onde o pacote chega                  | Acesso (S1-U), Core (S5/S8) |
| <b>Endereço IP de Origem</b>  | Endereço IP do UE (para Acesso)         | 10.45.0.50                  |
| <b>Endereço IP de Destino</b> | Endereço IP da rede externa (para Core) | 8.8.8.8                     |
| <b>Tipo de Protocolo</b>      | Número do protocolo IP                  | TCP (6), UDP (17)           |
| <b>Porta de Origem</b>        | Correspondência de porta                | 1024-65535                  |
| <b>Porta de Destino</b>       | Correspondência de porta                | 80 (HTTP), 443 (HTTPS)      |
| <b>TEID</b>                   | Identificador de túnel GTP-U            | Para pacotes de downlink    |

### Estrutura do PDR:

PDR Structure:

- └─ PDR ID (único dentro da sessão)
- └─ Precedence (prioridade para regras sobrepostas)
- └─ Critérios de Detecção de Pacote
  - └─ Interface de Origem
  - └─ Instância de Rede (APN)
  - └─ Endereço IP do UE / Endereço IP de Destino
- └─ FAR ID (qual regra de encaminhamento aplicar)
- └─ QER ID (qual regra de QoS aplicar)
- └─ Gatilho de Relatório de Uso

### Caso de Uso Exemplo - Bearer Padrão:

- Detecta: Todos os pacotes de/para o IP do UE

- Ação: Encaminhar através do PDN (direção PGW-U)
- QoS: Aplicado por bearer

#### **Caso de Uso Exemplo - Bearer Dedicado:**

- Detecta: Pacotes que correspondem a um fluxo específico (intervalo de porta, protocolo)
- Ação: Encaminhar em um caminho dedicado
- QoS: Tarifas premium (GBR)

## **FAR (Regra de Ação de Encaminhamento)**

Especifica como lidar com pacotes correspondentes.

#### **Ações de Encaminhamento:**

| <b>Ação</b>       | <b>Descrição</b>                      | <b>Caso de Uso</b>               |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Encaminhar</b> | Enviar pacote para a rede de destino  | Encaminhamento normal            |
| <b>Buffer</b>     | Armazenar pacote temporariamente      | Durante mobilidade/paging        |
| <b>Descartar</b>  | Dropar pacote                         | Aplicação de políticas, firewall |
| <b>Duplicar</b>   | Enviar pacote para múltiplos destinos | Interceptação legal              |

#### **Opções de Encapsulamento:**

- **GTP-U** - Adicionar cabeçalho de túnel GTP-U (S1-U, S5/S8)
- **Ethernet** - Adicionar cabeçalho Ethernet (para interconexão direta)
- **IPv4** - Encaminhamento IPv4 simples (para saída para a internet)
- **IPv6** - Encaminhamento IPv6 simples

### Exemplo - UE para Internet:

PDR Match: Source Interface = Access, UE IP = 10.45.0.50

FAR Action:

- Forward = Yes
- Outer Header Encap = None (direct internet)
- Forwarding Parameters = Internet gateway

## QER (Regra de Aplicação de QoS)

Aplica limites de taxa de bits por bearer.

### Parâmetros de QoS:

| Parâmetro                   | Tipo    | Descrição                                |
|-----------------------------|---------|------------------------------------------|
| <b>QCI</b>                  | Inteiro | Identificador de Classe de QoS (1-9)     |
| <b>MBR (Taxa Máxima)</b>    | Taxa    | Taxa máxima permitida                    |
| <b>GBR (Taxa Garantida)</b> | Taxa    | Taxa mínima garantida                    |
| <b>ARP</b>                  | Inteiro | Prioridade de Alocação e Retenção (1-15) |

### Classes de QoS (QCI):

| QCI | Tipo de Serviço           | Exemplos de Taxa             |
|-----|---------------------------|------------------------------|
| 1   | Voz (GBR)                 | MBR: 64 kbps                 |
| 2   | Chamada de Vídeo (GBR)    | MBR: 256 kbps                |
| 3   | Jogos em Tempo Real (GBR) | MBR: 50 kbps                 |
| 4   | Não-GBR                   | GBR: 128 kbps, MBR: 256 kbps |
| 5   | Sinalização IMS           | GBR: 100 kbps, MBR: 256 kbps |
| 6   | Streaming de Vídeo        | MBR: 10 Mbps                 |
| 7   | Voz com Vídeo (GBR)       | GBR: 64 kbps, MBR: 384 kbps  |
| 8   | Navegação na Web          | MBR: 5 Mbps                  |
| 9   | Email                     | MBR: 3 Mbps                  |

#### Exemplo - Bearer Padrão (QCI 9):

QCI: 9 (Melhor Esforço)  
 MBR: 100 Mbps (dependente do site)  
 GBR: Nenhum (não-GBR)  
 ARP: 15 (prioridade mais baixa)

#### Exemplo - Bearer Dedicado de Voz (QCI 1):

QCI: 1 (Voz)  
 MBR: 128 kbps (uplink + downlink)  
 GBR: 64 kbps (garantido)  
 ARP: 1 (prioridade mais alta)

# BAR (Regra de Ação de Buffering)

Controla o buffering de pacotes durante eventos de mobilidade.

## Cenários de Buffering:

### 1. Buffering de Handover:

- UE muda entre eNodeBs
- Pacotes são armazenados enquanto se movem
- Liberados quando o handover é concluído

### 2. Buffering de Paging:

- UE em modo ocioso (bearers suspensos)
- Dados de downlink chegam
- Armazenados até que o UE reative

### 3. Realocação de SGW:

- Durante handover inter-MME com mudança de SGW
- SGW antigo armazena e encaminha para o novo SGW
- Entrega ordenada mantida

## Configuração do BAR:

### BAR Settings:

- └ Buffer Timeout: Quanto tempo manter pacotes
  - └ Packet Count Threshold: Máx. pacotes armazenados
  - └ Downlink Data Report Trigger
    - └ Enviar notificação ao CP quando os dados chegarem
-

# Relatórios de Uso

## Mensagens de Relatório de Uso

SGW-U envia relatórios de uso para SGW-C para cobrança e análises.



## Gatilhos de Relatório de Uso

Relatórios são enviados quando:

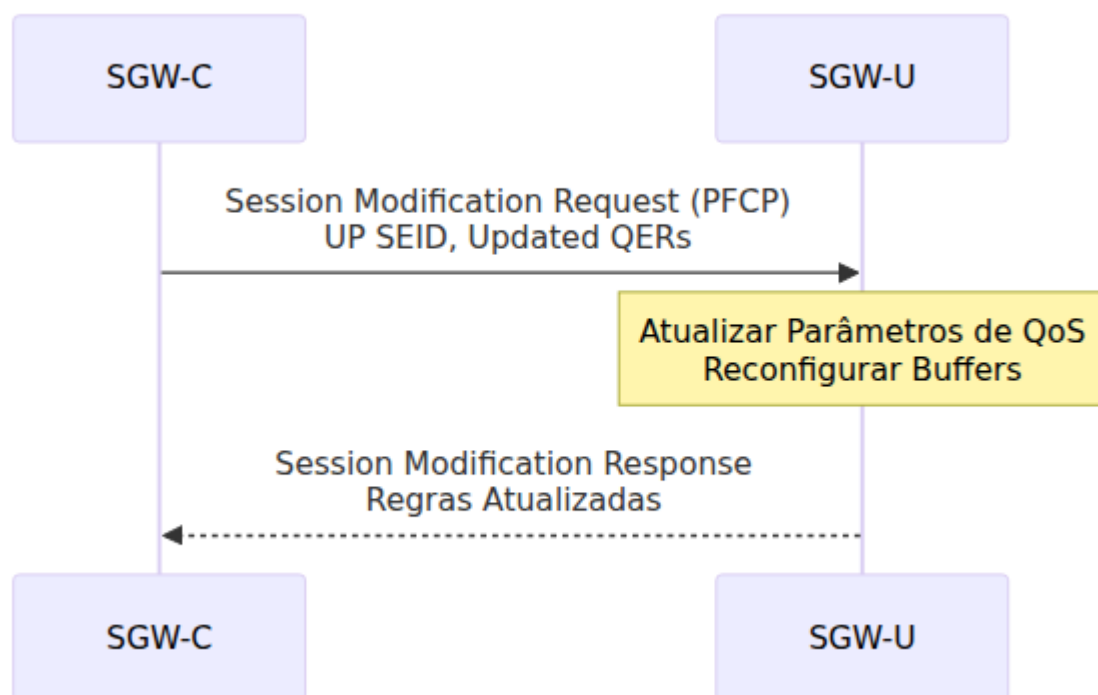
| Gatilho            | Condição                              |
|--------------------|---------------------------------------|
| Período de Tempo   | Relatório periódico a cada N segundos |
| Limite de Volume   | Após N octetos encaminhados           |
| Limite de Duração  | Após N segundos de encaminhamento     |
| Fim da Sessão      | Quando a sessão é excluída            |
| Modificação        | Quando as regras são atualizadas      |
| Relatório Imediato | Solicitado na mensagem de modificação |

## Campos do Relatório de Uso

Usage Report:

- |— Usage Report Trigger: 0 que causou este relatório
- |— UR-SEQN: Número de sequência para ordenação
- |— Informações de Uso por Bearer:
  - |— EBI: Identificador do bearer
  - |— Medição de Volume
    - |— UL: Octetos de uplink
    - |— DL: Octetos de downlink
    - |— Total: Total de octetos
    - |— Pacotes: Total de pacotes
  - |— Medição de Duração: Segundos ativos
  - |— Hora do Primeiro/Último Pacote: Timestamps
- |— Query UR: Solicitar relatório imediato

## Fluxo de Geração de CDR



# Operações de Rede

## Monitoramento de Associação PFCP

Monitore associações PFCP ativas:

```
# Verificar status da associação
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pfcf_association

# Saída esperada:
# pfcf_association_status{peer_ip="10.0.0.30"} 1 (associado)
# pfcf_association_status{peer_ip="10.0.0.31"} 1 (associado)

# Web UI → Página de Status SGW-U
# Mostra todos os peers com status "Associado" e informações de
recuperação
```

## Métricas de Sessão

Monitore sessões PFCP ativas:

```
# Contar sessões ativas
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_registry_count

# Monitorar distribuição por SGW-U
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_by_peer

# Taxa de uso (octetos/segundo)
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep usage_octets_rate
```

## Monitoramento do Fluxo de Mensagens

Acompanhe a atividade das mensagens PFCP:

```
# Monitorar todas as mensagens PFCP
watch -n 1 'curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep sxa_inbound'

# Exemplo de saída:
#
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_establishment_response"} 5432
#
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_modification_response"} 12100
# sxa_inbound_messages_total{message_type="session_report_request"} 6
```

## Verificação da Instalação de Regras

Verifique se as regras estão devidamente instaladas no SGW-U:

```
# Monitorar sucessos/falhas de estabelecimento de sessão
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
sxa_session_establishment

# Verificar problemas de instalação de PDR
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pdr_installation

# Procurar por timeouts
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep sxa_timeout_total
```

---

## Solução de Problemas

### Falhas de Associação

**Problema:** "Association Setup Failed"

**Diagnóstico:**

1. Verificar conectividade de rede: `ping <sgwu_ip>`
2. Verificar porta: `netstat -an | grep 8805`

3. Verificar logs para detalhes de erro

Causas Comuns & Soluções:

| Causa              | Sintoma                 | Solução                         |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Rede inacessível   | Timeout na configuração | Verificar roteamento para SGW-U |
| Porta bloqueada    | Conexão recusada        | Verificar regras de firewall    |
| SGW-U inativo      | Sem resposta            | Reiniciar processo SGW-U        |
| Desvio de ID de Nó | Configuração rejeitada  | Verificar configuração          |

Falhas de Estabelecimento de Sessão

Problema: "Session Establishment Failed"

Diagnóstico:

```
# Verificar métricas
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_registry_count

# Verificar logs para erro específico
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep "Session Establishment"
```

Causas Comuns:

| Causa                     | Mensagem de Erro                | Solução                             |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| <b>SGW-U sem recursos</b> | "Insufficient resources"        | Verificar capacidade do SGW-U       |
| <b>PDR inválido</b>       | "Mandatory IE missing"          | Verificar definições de regra       |
| <b>Conflito de SEID</b>   | "SEID already exists"           | Verificar duplicação de sessão      |
| <b>Timeout</b>            | "Session establishment timeout" | Aumentar timeout ou verificar SGW-U |

## Problemas de Relatório de Uso

**Problema:** "Relatórios de Uso Ausentes"

**Diagnóstico:**

```
# Verificar contagem de relatórios
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
session_report_request_total

# Monitorar geração de CDR
tail -f /var/log/sgw_c/cdrs/<timestamp>
```

**Soluções:**

- Verificar se o heartbeat do SGW-U está ativo
- Verificar configuração do gatilho de Relatório de Sessão
- Garantir que as permissões do diretório CDR estejam corretas
- Monitorar por overflow de buffer do SGW-U

# Problemas de Desempenho

**Problema:** Alta latência de mensagens PFCP

## Métricas a Verificar:

```
# Duração do processamento de mensagens
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
sxa_inbound_duration_seconds

# Carga de sessão por peer
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_by_peer

# Profundidade da fila
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pfcqueue_depth
```

## Passos de Otimização:

1. Balancear carga entre múltiplos peers SGW-U
2. Aumentar timeout do heartbeat se a rede for propensa a perdas
3. Monitorar e reduzir a complexidade das regras
4. Escalar horizontalmente com instâncias adicionais de SGW-C

Para referência completa de métricas, configuração de painel e configuração de alertas, consulte o [Guia de Monitoramento & Métricas](#).

---

# Melhores Práticas

## Configuração

- **Intervalo de Heartbeat:** Definir para 20-30 segundos para detecção confiável
- **Timeout de Sessão:** 5-10 segundos com base no RTT da rede
- **Máximo de Tentativas:** 2-3 para equilíbrio entre confiabilidade e latência
- **Seleção de Peers:** Distribuir carga entre todos os peers SGW-U

# Operações

- **Redundância de Peers:** Configurar múltiplas instâncias SGW-U para failover
- **Recarregamento Suave:** Suporte a atualizações de software em serviço
- **Drenagem de Sessão:** Migrar sessões antes da manutenção
- **Monitoramento:** Rastrear frequência de recuperação de associação

# Solução de Problemas

- **Manter Logs:** Manter rastros de mensagens PFCP para depuração
  - **Correlação:** Vincular mensagens S11 a operações de sessão PFCP
  - **Métricas de Base:** Estabelecer uma linha de base de desempenho normal
  - **Testar Cenários de Falha:** Praticar procedimentos de failover do SGW-U
-