← Visão Geral

# Referência de Configuração do OmniSMF

A configuração gravável pelo operador é fornecida através de `config/runtime.exs`, que é impulsionada em grande parte por variáveis de ambiente do sistema operacional. A maioria dos valores abaixo tem um padrão embutido e uma variável de ambiente que o substitui antes que o SMF inicie. Algumas chaves são definidas apenas através da configuração da aplicação e não têm variável de ambiente (`chf_uri`, o bloco `charging`, `pgw_c_addr` e o bloco `pco`); estas são destacadas onde aparecem. A chave do ambiente da aplicação compilada é `:omnismf`.

```
config :omnismf,
  sbi_scheme: "http",                       # SBI_SCHEME
  sbi_addr:   "127.0.0.4",                  # SBI_ADDR
  sbi_port:   7777,                         # SBI_PORT
  nrf_uri:    "http://127.0.0.1:7777",      # NRF_URI
  udm_uri:    "http://127.0.0.12:7777",     # UDM_URI
  pcf_uri:    "http://127.0.0.13:7777",     # PCF_URI
  amf_uri:    "http://127.0.0.5:7777",      # AMF_URI
  upf_addr:   "10.179.1.24",                # UPF_ADDR
  upf_pfcp_port: 8805,                      # UPF_PFCP_PORT
  pfcp_addr:  "0.0.0.0",                    # PFCP_ADDR
  mcc: "999",                               # MCC
  mnc: "70",                                # MNC
  dns:  ["8.8.8.8", "8.8.4.4"],             # DNS
  dns6: ["2001:4860:4860::8888"],           # DNS6
  mtu:  1400,                               # MTU
  prometheus_metrics_port: 9568,            # PROMETHEUS_PORT
  heartbeat_interval: 10_000,               # HEARTBEAT_INTERVAL
  ue_ip_pool: [subnet_map: %{default: ["10.45.0.0/16"]}]  #
UE_IP_SUBNET_MAP / UE_IP_POOL
```

# Parâmetros SBI, Peer e PLMN

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão |
|---|---|---|---|
| `sbi_scheme` | string | Não | `"http"` |
| `sbi_addr` | string | Não | `"127.0.0.4"` |
| `sbi_port` | inteiro | Não | `7777` |
| `nrf_uri` | string | Não | `"http://127.0.0.1:7777"` |
| `udm_uri` | string | Não | `"http://127.0.0.12:7777"` |
| `pcf_uri` | string | Não | `"http://127.0.0.13:7777"` |

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão |
|---|---|---|---|
| `amf_uri` | string | Não | `"http://127.0.0.5:7777"` |
| `upf_addr` | string | Não | `"10.179.1.24"` |
| `upf_pfcp_port` | inteiro | Não | `8805` |
| `pfcp_addr` | string | Não | `"0.0.0.0"` |
| `mcc` | string | Não | `"999"` |
| `mnc` | string | Não | `"70"` |
| `heartbeat_interval` | inteiro (ms) | Não | `10000` |

# Interoperabilidade N26

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var. Env | |
|---|---|---|---|---|---|
| `pgw_c_addr` | string (IPv4) | Sim, para interoperabilidade N26 | Nenhum | Nenhum (apenas configuração da aplicação) | O enc S5/S8 retorr visua conex durar interc N26. na So Realo Frente o SGW requis para a interc padrã interc N26 (`/api` falha nome `pgw_c` não e não é IPv4. termi possu GTP-C ender um p extre que p as rec |

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var. Env | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | SGW<br>Defin<br>ambie<br>aplica<br>não h<br>ambie<br>chave |

# Cobrança Convergente N40 (Nchf, TS 32.290 / TS 32.291)

O SMF pode atuar como um consumidor de cobrança convergente em direção ao CHF sobre N40 (Nchf_ConvergedCharging). Quando habilitado, ele abre uma Solicitação de Dados de Cobrança à medida que cada sessão PDU é estabelecida, atualiza-a durante a sessão a partir dos relatórios de uso URR do N4 e a fecha na liberação. O CHF é resolvido primeiro através da descoberta do NRF, voltando para o `chf_uri` configurado quando a descoberta não resolve um. A cobrança convergente está desabilitada por padrão; enquanto desabilitada, o caminho de cobrança é um no-op e nenhuma chamada CHF é feita.

A chave de nível superior `chf_uri` e o bloco `charging` são definidos apenas através da configuração da aplicação `:omnismf`; nenhum dos dois possui uma variável de ambiente.

```
config :omnismf, :charging,
  enabled: false,
  chf_uri: "http://127.0.0.20:7777"
```

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var |
|---|---|---|---|---|
| `chf_uri` | string | Não | `"http://127.0.0.20:7777"` | Nenh (apen config da aplica |
| `charging enabled` | booleano | Não | `false` | Nenh (apen config da aplica |
| `charging chf_uri` | string | Não | (cai de volta para `chf_uri` de nível superior) | Nenh (apen |

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| | | | | config da aplica |

# Session-AMBR em direção ao PCF

Ao criar a associação de política SM, o Session-AMBR assinado (lido do campo de configuração DNN do UDM `sessionAmbr`) é enviado ao PCF sob **ambos** os nomes de campo da especificação `subsSessAmbr` (TS 29.512 `SmPolicyContextData`) e a chave legada `sessionAmbr`. Enviar apenas `sessionAmbr` deixa `subsSessAmbr` não definido, fazendo com que o PCF volte ao seu padrão de ~1000 Kbps e limite cada sessão. Nenhuma configuração do operador governa isso; está documentado aqui para que os operadores entendam qual campo o PCF deve honrar.

# Padrões PCO voltados para o UE (chaves planas)

Essas chaves planas preenchem as Opções de Configuração de Protocolo retornadas ao UE na Aceitação de Estabelecimento de Sessão PDU. Elas são substituídas pelo bloco estruturado `:pco` abaixo quando este está presente.

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var. Env |
|---|---|---|---|---|
| `dns` | lista de strings | Não | `["8.8.8.8", "8.8.4.4"]` | `DNS` |
| `dns6` | lista de strings | Não | `["2001:4860:4860::8888"]` | `DNS6` |
| `mtu` | inteiro | N��o | `1400` | `MTU` |

# Pool de IP do UE

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var. |
|---|---|---|---|---|
| `ue_ip_pool` | palavra-chave (`subnet_map`) | Não | `%{default: ["10.45.0.0/16"]}` | `UE_IP_SU` / `UE_IP_P` |

O JSON `UE_IP_SUBNET_MAP` é indexado pelo nome exato do DNN, padrão `^regex` ou `"default"`; cada valor é uma lista de CIDRs IPv4 e/ou IPv6. A precedência de correspondência é **DNN exato → regex → `default`**. Exemplo:

```
{
  "internet":    ["10.45.0.0/16", "2001:db8:45::/64"],
  "ims":         ["10.47.0.0/24"],
  "^enterprise": ["10.99.0.0/16"],
  "default":     ["10.45.0.0/16"]
}
```

Se nem `UE_IP_SUBNET_MAP` nem `UE_IP_POOL` estiverem definidos, o pool padrão é `10.45.0.0/16`. Veja Alocação de Endereço IP do UE para o comportamento de alocação e reserva de IP estático.

# P-CSCF e Opções de Configuração de Protocolo (`:pco`)

Para VoNR/IMS, o SMF retorna o endereço P-CSCF (e os outros itens PCO: DNS, NBNS, MTU de link) ao UE dentro da Aceitação de Estabelecimento de Sessão PDU ePCO. Este bloco usa o **mesmo layout e lógica de seleção que o PGW-C 4G**, então um operador configura ambos os nós de forma idêntica. Quando presente, os valores `:pco` têm precedência sobre as chaves planas `dns`/`dns6`/`mtu` acima. Este bloco é definido apenas na configuração da aplicação `:omnismf` e não possui variável de ambiente.

```
config :omnismf, :pco,
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.179.4.165"],
  p_cscf_ipv6_address_list: [],
  p_cscf_discovery_enabled: true,
  p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc070.mcc999.3gppnetwork.org",
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.10",
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
  primary_nbns_server_address: nil,
  secondary_nbns_server_address: nil,
  ipv4_link_mtu_size: 1400
```

| Parâmetro | Tipo | Requerido | |
|---|---|---|---|
| `p_cscf_ipv4_address_list` | lista de strings | Não | `[]` |
| `p_cscf_ipv6_address_list` | lista de strings | Não | `[]` |
| `p_cscf_discovery_enabled` | booleano | Não | `true` |

| Parâmetro | Tipo | Requerido | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| `p_cscf_discovery_fqdn` | string | Não | `pcscf.mnc{MNC` |
| `p_cscf_discovery_dns_server` | string | Não | resolvedor do s |

| Parâmetro | Tipo | Requerido | |
|---|---|---|---|
| `p_cscf_discovery_timeout_ms` | inteiro (ms) | Não | `5000` |
| `primary_dns_server_address` | string | Não | (plano `dns`) |
| `secondary_dns_server_address` | string | Não | (plano `dns`) |
| `primary_nbns_server_address` | string \| nil | Não | `nil` |
| `secondary_nbns_server_address` | string \| nil | Não | `nil` |
| `ipv4_link_mtu_size` | inteiro | Não | (plano `mtu`) |

## Chaves de fallback P-CSCF planas legadas

As chaves planas `pcscf` e `pcscf6` são fallbacks legados mantidos para paridade com configurações mais antigas do PGW-C. Elas são consultadas apenas quando as listas de endereços P-CSCF estruturadas `:pco` (`p_cscf_ipv4_address_list` / `p_cscf_ipv6_address_list`) não estão definidas. A forma estruturada `:pco` é preferida para novas implantações. Cada chave aceita uma única string de endereço ou uma lista de strings de endereço. Essas chaves são definidas apenas através da configuração da aplicação `:omnismf` e não possuem variável de ambiente.

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var. Env | Des |
|---|---|---|---|---|---|
| `pcscf` | string ou lista de strings | Não | `[]` | Nenhum (apenas configuração da aplicação) | Fallback est IPv4 legado, quando `p_cscf_ipv` não está de forma estrut |
| `pcscf6` | string ou lista de strings | Não | `[]` | Nenhum (apenas configuração da aplicação) | Fallback est IPv6 legado, quando `p_cscf_ipv` não está de forma estrut |

# Portas de Métricas e Gerenciamento

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | Var. En |
|---|---|---|---|---|
| `prometheus_metrics_port` | inteiro | Não | `9568` | `PROMETHEUS_P` |
| porta da API de gerenciamento (`:api_ex`) | inteiro | Não | `8443` | `API_PORT` |
| Porta HTTPS do Painel de Controle | inteiro | Não | `7443` | `CONTROL_PANE` |

A API de gerenciamento e o Painel de Controle são servidos sobre TLS usando o certificado em `priv/cert/omnitouch.crt` e a chave em `priv/cert/omnitouch.pem`. Apenas as portas de escuta são ajustáveis em tempo de execução através das variáveis de ambiente acima.

# API de Gerenciamento / OAM

A API de gerenciamento (TLS, porta padrão `8443`, env `API_PORT`) expõe os seguintes endpoints para operações e diagnósticos. Todos os endpoints de gerenciamento estão montados sob o prefixo `/api`.

| Método | Caminho | Propósito |
| --- | --- | --- |
| GET | `/api/status/api` | Status do serviço API. |
| GET | `/api/status/nrf` | Status de registro do NRF. |
| GET | `/api/status/nf` | Resumo do status do NF (SMF). |
| GET | `/api/pdu_session` | Listar sessões PDU ativas. |
| POST | `/api/pdu_session` | Criar uma sessão PDU (teste operacional). |
| GET | `/api/pdu_session/{id}` | Mostrar uma única sessão PDU. |
| DELETE | `/api/pdu_session/{id}` | Deletar uma única sess��o PDU. |
| GET | `/api/upf` | Visualização da associação UPF / PFCP. |
| POST | `/api/eps_handover` | Acionar a interoperabilidade EPS N26 (adotar / alternar / procurar). |
| GET | `/api/ip_pool` | Capacidade IPv4 geral mais um resumo do pool por DNN. |
| GET | `/api/ip_pool/detail` | Pools por DNN com CIDR de cada faixa, |

| Método | Caminho | Propósito |
| --- | --- | --- |
| | | totais e endereços alocados. |
| GET | `/api/statistics` | Estatísticas de sessão e operacionais. |
| GET | `/api/oam/config` | Ler configuração em tempo de execução. |
| PATCH/PUT | `/api/oam/config/{id}` | Atualizar um valor de configuração em tempo de execução. |
| GET | `/api/oam/resources` | Instantâneo da utilização de recursos. |
| GET | `/api/oam/diagnostics` | Instantâneo de diagnósticos. |
| GET | `/api/oam/peers` | Status do peer SBI (UDM/PCF/AMF/NRF). |
| GET | `/api/oam/pfcp_peers` | Status do peer PFCP (UPF). |
| GET | `/api/oam/pfcp_session/{id}` | Inspecionar uma sessão PFCP. |
| POST | `/api/oam/upf` | Gerenciar a associação UPF. |
| POST | `/api/oam/pfcp/reassociate` | Reativar a configuração de associação PFCP com o UPF. |

| Método | Caminho | Propósito |
|---|---|---|
| POST | `/api/oam/cache/clear` | Limpar caches internos. |
| POST | `/api/oam/log_level` | Alterar o nível de log em tempo de execução sem reiniciar. |
| POST | `/api/oam/nrf/reregister` | Forçar re-registro do NRF. |
| DELETE | `/api/oam/session/{id}` | Drenar uma única sessão. |
| DELETE | `/api/oam/session/by_dnn/{id}` | Drenar sessões por DNN. |
| DELETE | `/api/oam/session/by_supi/{id}` | Drenar sessões por SUPI. |
| DELETE | `/api/oam/session/by_snssai/{id}` | Drenar sessões por S-NSSAI. |
| DELETE | `/api/oam/session/by_upf/{id}` | Drenar sessões por UPF. |
| POST | `/api/oam/session/modify` | Modificar uma sessão (teste operacional). |

# Registro

O SMF emite logs JSON estruturados. O formatador de log padrão é configurado em `runtime.exs` e não é destinado a ser editado por implantação:

```
config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

| Parâmetro | Tipo | Requerido | Padrão | D |
|---|---|---|---|---|
| `format` | formatador | Não | `OmniLogger.JsonFormatter` | Emi linh com obje par por de l |
| `metadata` | átomo/lista | Não | `:all` | Incl met Log id d PDU refe con DNI pro em JSO |

O nível de log em tempo de execução pode ser alterado sem reiniciar através do endpoint da API de gerenciamento `POST /api/oam/log_level`. Filtre logs por SUPI para rastrear todo o ciclo de vida da sessão de um assinante.

← Visão Geral

# Métricas do OmniSMF

As métricas são expostas em `GET /metrics` na `prometheus_metrics_port` (padrão `9568`, env `PROMETHEUS_PORT`). Todos os nomes das métricas abaixo são prefixados conforme mostrado pelo exportador.

# Métricas de Sessão PDU

| Métrica | Tipo | Rótulos | Descr |
|---|---|---|---|
| `omni_smf_pdu_session_create_count` | contador | `result` | Operaçõ criação d sessão P |
| `omni_smf_pdu_session_modify_count` | contador | `result` | Operaçõ modifica sessão P |
| `omni_smf_pdu_session_release_count` | contador | `result` | Operaçõ liberação sessão P |
| `omni_smf_pdu_session_creates_total` | contador | `result`, `dnn` | Total de criações sessão P resultad DNN. |
| `omni_smf_pdu_session_releases_total` | contador | `result` | Total de liberaçõe sessão P resultad |
| `omni_smf_active_pdu_sessions_count` | gauge | `dnn` | Número sessões ativas po Emitido criação e liberação sessão d armazen de conte SMF (a f |

| Métrica | Tipo | Rótulos | Desc |
| --- | --- | --- | --- |
| | | | verdade sessões |
| `omni_smf_session_duration_seconds` | distribuição | nenhum | Duração sessão P segundo emitido liberaçã medido criação sessão ( 1, 5, 15, 300, 90 86400 s) |

Exemplo (taxa de sucesso na criação):

```
sum(rate(omni_smf_pdu_session_creates_total{result="success"}
[5m]))
  / sum(rate(omni_smf_pdu_session_creates_total[5m]))
```

Exemplo (sessões ativas por DNN):

```
sum by (dnn) (omni_smf_active_pdu_sessions_count)
```

# Métricas PFCP / UPF

| Métrica | Tipo | Rótulos |
| --- | --- | --- |
| `omni_smf_pfcp_sessions_total` | contador | `operation` |
| `omni_smf_pfcp_associations_total` | contador | `result` |
| `omni_smf_pfcp_heartbeats_total` | contador | `result` |
| `omni_smf_upf_health` | gauge | nenhum |

| Métrica | Tipo | Rótulos |
| --- | --- | --- |
| `omni_smf_n4_usage_reports_total` | contador | nenhum |
| `omni_smf_n4_usage_report_volume_bytes_total` | contador | nenhum |

As duas métricas `omni_smf_n4_*` são as únicas métricas de volume de plano de usuário do SMF: elas são preenchidas a partir dos relatórios de uso que o UPF retorna via N4, portanto, só avançam quando o UPF tem regras de relatório de uso instaladas e está entregando relatórios.

Exemplo (alerta quando a associação UPF cai):

```
omni_smf_upf_health == 0
```

Exemplo (throughput de volume de plano de usuário em todas as sessões):

```
sum(rate(omni_smf_n4_usage_report_volume_bytes_total[5m]))
```

Exemplo (taxa de relatórios de uso recebidos do UPF):

```
sum(rate(omni_smf_n4_usage_reports_total[5m]))
```

Exemplo (falhas de heartbeat PFCP em direção ao UPF):

```
sum(rate(omni_smf_pfcp_heartbeats_total{result="failure"}[5m]))
```

# Métricas de Cobrança N40

| Métrica | Tipo | Rótulos | Descrição |
|---|---|---|---|
| `omni_smf_n40_charging_total` | contador | `operation` | Total de operações de cobrança convergente N40 Nchf em direção ao CHF por evento de cobrança (TS 32.290). |

Exemplo (taxa de operações de cobrança convergente por evento):

```
sum by (operation) (rate(omni_smf_n40_charging_total[5m]))
```

# Métricas NRF

| Métrica | Tipo | Rótulos | Descrição |
|---|---|---|---|
| `omni_smf_nrf_registration_status` | gauge | `nf_type` | Status de registro NRF (1 = registrado, 0 = não registrado). |

Exemplo:

```
omni_smf_nrf_registration_status == 0
```

# Métricas BEAM VM

| Métrica | Tipo | Descrição |
|---|---|---|
| `beam_memory_total` | gauge | Memória total do BEAM (bytes). |
| `beam_memory_processes` | gauge | Memória alocada para processos Erlang. |
| `beam_memory_processes_used` | gauge | Memória realmente usada pelos processos. |
| `beam_memory_system` | gauge | Memória do sistema. |
| `beam_memory_atom` | gauge | Memória total de átomos. |
| `beam_memory_atom_used` | gauge | Memória de átomos usada. |
| `beam_memory_binary` | gauge | Memória binária. |
| `beam_memory_code` | gauge | Memória de código. |
| `beam_memory_ets` | gauge | Memória da tabela ETS. |
| `beam_processes_count` | gauge | Número de processos Erlang. |
| `beam_ports_count` | gauge | Número de portas Erlang. |
| `beam_atom_count` | gauge | Número de átomos. |
| `beam_vm_uptime` | gauge | Tempo de atividade da VM (segundos). |

A contagem de processos ativos também serve como um sinal de escala de sessão, uma vez que cada sessão PDU é um processo de trabalho dedicado. Uma divergência sustentada entre `beam_processes_count` e `omni_smf_active_pdu_sessions_count` pode indicar trabalhadores de sessão órfãos (veja Solução de Problemas).

← Visão Geral

# Guia de Operações do OmniSMF

OmniSMF é a Função de Gerenciamento de Sessão (SMF) do Core 5G. Ele possui todo o ciclo de vida das sessões PDU: alocação de endereços, associação de políticas, programação e finalização do plano do usuário. Este guia cobre o papel da 3GPP, as interfaces SBI e N4 que ele expõe, e os principais procedimentos que ele conduz, cada um com um diagrama de sequência.

# Papel da 3GPP e Referências de Especificação

| Especificação | Relevância |
|---|---|
| TS 23.501 | Arquitetura do sistema: papel do SMF, conceito de sessão PDU, modelo de QoS |
| TS 23.502 | Procedimentos: Estabelecimento de Sessão PDU (§4.3.2), Modificação (§4.3.3), Liberação (§4.3.4), Solicitação de Serviço (§4.2.3) |
| TS 29.502 | API de serviço Nsmf_PDUSession |
| TS 29.244 | Interface N4: protocolo PFCP entre SMF e UPF |
| TS 29.503 | Nudm_SubscriberDataManagement (sm-data) e Nudm_UEContextManagement (smf-registrations) |
| TS 29.512 | Npcf_SMPolicyControl: associação de política SM e notificação para o PCF |
| TS 29.518 | Namf_Communication: N1N2MessageTransfer para o AMF |
| TS 32.290 / TS 32.291 | Nchf_ConvergedCharging (N40): cobrança convergente para o CHF |
| TS 24.501 | 5GS NAS (5GSM): estabelecimento/modificação de sessão PDU, tipo de sessão e tratamento de causa 5GSM (§6.4.1.3) |
| TS 29.571 | Tipos de dados comuns: `IpAddress`, S-NSSAI |

# Interfaces

| Interface | Par | Protocolo | Propósito |
|---|---|---|---|
| N11 | AMF | Nsmf_PDUSession (SBI, HTTP/2) | Criar / recuperar / atualizar / contexto SM, N1N2MessageT |
| N7 | PCF | Npcf_SMPolicyControl (SBI) | Criar/excluir associação de p + callback de notificação de |
| N10 | UDM | Nudm_SDM + Nudm_UECM (SBI) | Dados de assinatura de sess registro do SMF |
| N4 | UPF | PFCP (UDP) | Associação PFCP + estabelecimento/modificaçã de sessão |
| N40 | CHF | Nchf_ConvergedCharging (SBI) | Cobrança convergente: abrir/atualizar/fechar um Pe Dados de Cobrança durante vida da sessão PDU (CHF res descoberta NRF com uma UI fallback estática; desativadc padrão) |
| N26 | PGW-C | Interoperabilidade interna | Adotar / alternar / procurar r 4G/5G |
| n/a | NRF | Nnrf_NFManagement (SBI) | Registro NF + heartbeat (ser descoberta externa) |

# Endpoints SBI

Todos os endpoints SBI são servidos sob a URL base `{SBI_SCHEME}://{SBI_ADDR}:{SBI_PORT}`.

| Método | Caminho | Serviço | Pr |
|---|---|---|---|
| POST | `/nsmf-pdusession/v1/sm-contexts` | Nsmf_PDUSession | Criar C (estab de ses |
| POST | `/nsmf-pdusession/v1/sm-contexts/{smContextRef}/retrieve` | Nsmf_PDUSession | Recup Conte espec POST, |
| POST | `/nsmf-pdusession/v1/sm-contexts/{smContextRef}/modify` | Nsmf_PDUSession | Atuali SM (in N2, m estad transf modifi QoS-fl libera |
| POST | `/nsmf-pdusession/v1/sm-contexts/{smContextRef}/release` | Nsmf_PDUSession | Libera SM (fi sessã |
| POST | `/nsmf-callback/sm-policy-notify/{smContextRef}` | Callback Npcf | Receb atuali `SmPol` do PC QoS d |

## Criar Contexto SM

Campos obrigatórios da solicitação: `supi`, `sNssai`, `servingNetwork`, `dnn`, `smContextStatusUri`, `pduSessionId`, `anType`, `servingNfId`. Retorna `201 Created` com `Location: {base}/nsmf-pdusession/v1/sm-contexts/{ref}`.

Mapeamento de erros: `400 MANDATORY_IE_MISSING`, `404 DNN_DENIED`, `500 SYSTEM_FAILURE`, `503 NF_DISCOVERY_FAILURE` (UDM inacessível).

## Recuperar Contexto SM

O AMF lê o contexto SM atual referenciando-o (TS 29.502 §5.2.2.6 usa `POST .../sm-contexts/{smContextRef}/retrieve`, não `GET`). O SMF retorna `200 OK` com a visão atual do contexto SM para uma referência conhecida, ou `404 CONTEXT_NOT_FOUND` para uma desconhecida.

## Atualizar Contexto SM

O manipulador de modificação despacha com base na primeira chave reconhecida no corpo:

| Chave do corpo | Cenário |
| --- | --- |
| `n2SmInfo` + `n2SmInfoType` | Informações N2 SM do gNB (`PDU_RES_SETUP_RSP` ativa o túnel; `PDU_RES_REL_RSP` desativa) |
| `upCnxState: "DEACTIVATED"` | Liberação AN / entrada ociosa do UE (FAR de downlink para BUFFER) |
| `upCnxState: "ACTIVATING"` | Solicitação de serviço; a resposta carrega N2 `PDU_RES_SETUP_REQ` |
| `hoState` | Transição de estado de handover: `PREPARING`, `PREPARED`, `COMPLETED` (reativa o túnel), `CANCELLED` |
| `qosFlows` | Adicionar/modificar QoS-flow pós-estabelecimento (retorna `204 No Content`; alterações comunicadas ao gNB via informações N2 SM) |
| `release: true` | Liberação iniciada pelo AMF (retorna `204 No Content`) |
| `servingNfId` | Mudança de instância AMF durante a mobilidade (retorna `204 No Content`) |

## Liberar Contexto SM

O corpo pode incluir `ueLocation` para registro da localização final. Retorna `204 No Content`.

# Procedimentos Principais

## Estabelecimento de Sessão PDU (TS 23.502 §4.3.2)



O N1N2MessageTransfer é enviado de forma assíncrona, então o `201 Created` retorna ao AMF primeiro. A mensagem N1 SM é um NAS PDU Session Establishment Accept e as informações N2 SM são um NGAP `PDUSessionResourceSetupRequestTransfer`, transportadas como um corpo `multipart/related` (TS 29.518) com as partes binárias NAS/NGAP referenciadas por `contentId`.

## Sourcing de Configuração DNN

O comportamento de um DNN é definido em dois lugares, e um operador deve definir ambos de forma consistente para que um DNN funcione corretamente:

| Atributo DNN | Fonte | Como é provisionado |
| --- | --- | --- |
| S-NSSAI Permitido | Assinatura AMF/UDM | O AMF fornece `sNssai` na Criação do Contexto SM; o DNN deve existir sob um S-NSSAI correspondente nos dados SM do assinante do UDM |
| Session-AMBR | UDM `dnnConfiguration.sessionAmbr` | Provisionado no HSS → UDM/UDR |
| QoS Padrão (5QI + ARP) | UDM `dnnConfiguration.5gQosProfile` | Provisionado no HSS → UDM/UDR |
| Tipo(s) de sessão PDU | UDM `dnnConfiguration.pduSessionTypes` | `defaultSessionType` + `allowedSessionTypes` |
| Modo SSC | UDM `dnnConfiguration.sscModes` | `defaultSscMode` + `allowedSscModes` (TS 23.501 §5.6.9.2) |

| Atributo DNN | Fonte | Como é provisionado |
| --- | --- | --- |
| | | |
| IP UE Estático | UDM `dnnConfiguration.staticIpAddress` | Provisionado no HSS → UDM/UDR |
| Pool de IP UE (dinâmico) | **SMF** `ue_ip_pool` `subnet_map` | Configuração do SMF |
| DNS / MTU / P-CSCF (ePCO) | **SMF** `dns` / `dns6` / `mtu` / `:pco` | Configuração do SMF |

A regra geral: **política por assinante e por DNN (S-NSSAI, AMBR, QoS padrão, tipo de sessão, modo SSC, IP estático) vive na assinatura do UDM; os recursos da rede entregues ao UE (pool de IP dinâmico, DNS, MTU, P-CSCF) vivem na configuração do SMF.** Um DNN que está presente no `subnet_map` do SMF, mas ausente dos dados SM do assinante do UDM, é rejeitado com `404 DNN_DENIED`; um DNN presente no UDM, mas sem uma entrada correspondente no `subnet_map` e sem um pool `default` falha na alocação de IP com `:no_pool_for_dnn`.

# Alocação de Endereço IP do UE

Cada sessão PDU é atribuída um endereço IP (IPv4, IPv6 ou ambos) antes que a sessão PFCP seja estabelecida com o UPF. O pool de IP reflete o modelo de alocação do PGW-C 4G. As fontes são tentadas em ordem de prioridade:

1. **Endereço adotado N26.** Para uma sessão originada em 4G movendo-se para 5G via N26 (um `adoptedIpv4` na solicitação de criação), o IP do UE que o PGW-C autônomo já alocou é reutilizado verbatim; o endereço pertence ao pool do PGW-C, portanto, é preservado durante o handover, não sendo realocado. Para uma sessão de pilha dupla, a parte IPv6 é então alocada dinamicamente.
2. **IP Estático (fixado pelo assinante).** Quando os dados de assinatura do UDM SM contêm um `staticIpAddress` para o DNN solicitado, esse endereço fixo é honrado para cada sessão nesse DNN. Isso espelha o comportamento de IP estático do HSS/PGW-C 4G e é, em última análise, provisionado no HSS e disponibilizado através do UDM/UDR. Para uma sessão de pilha dupla, a parte IPv6 é alocada dinamicamente.
3. **Pool dinâmico.** Caso contrário, um endereço é alocado do pool configurado do DNN. A alocação escolhe um endereço de host livre aleatório (excluindo rede/broadcast para IPv4), tenta novamente em caso de colisão e é deduplicada em todas as sessões ativas.

O IP do UE é retornado ao pool em **qualquer** saída de trabalhador (liberação explícita, falha ou desligamento do supervisor), portanto, um CPE preso em um loop de estabelecimento/liberação/tentativa não pode vazar lentamente endereços do pool.

### Pools cientes de DNN (`subnet_map`)

Pools são selecionados por DNN via o `subnet_map`. As chaves são nomes exatos de DNN, padrões `^regex` ou `:default`; os valores são listas de CIDRs IPv4 e/ou IPv6. A precedência de correspondência é **DNN exato → regex → `:default`**. Para uma sessão `IPV4V6`, o SMF aloca de ambos os intervalos IPv4 e IPv6 do pool correspondente. Veja Pool de IP do UE na Referência de Configuração.

### Campo de IP Estático e Reserva

O campo `staticIpAddress` segue TS 29.503 (`DnnConfiguration`) e TS 29.571 (`IpAddress`): um array de objetos, cada um opcionalmente carregando `ipv4Addr` (um único objeto também é aceito). Um endereço estático é reservado no pool para que nunca seja entregue dinamicamente:

- Um endereço estático **dentro** de um intervalo configurado é contado contra aquele pool e excluído da alocação dinâmica.
- Um endereço estático **fora** de todos os intervalos configurados é rastreado apenas para detecção de duplicatas e não consome capacidade do pool (IPs estáticos podem viver em sua própria sub-rede roteada).
- Se o endereço estático estiver **já em uso** por outra sessão ativa, a nova sessão PDU é rejeitada (`:static_ip_in_use`) em vez de emitir uma duplicata, correspondendo ao PGW-C 4G. Isso deve ocorrer apenas se o mesmo IP estático estiver mal configurado contra dois assinantes.

Para provisionar um IP estático, defina `staticIpAddress` na configuração do DNN do assinante (via HSS → UDM/UDR); nenhuma alteração na configuração do SMF é necessária.

**Reconciliação do tipo de sessão PDU (TS 24.501 §6.4.1.3)**

Quando uma sessão de pilha dupla (`IPV4V6`) é solicitada, mas o pool correspondente só fornece uma família de endereços, o SMF **reconcilia o tipo de sessão sinalizado para a família que realmente alocou** antes de construir a Aceitação de Estabelecimento N1 e o N2 `PDUSessionResourceSetupRequestTransfer`:

- IPv4 alocado, sem IPv6 → sinaliza `IPV4` com causa 5GSM **#50 (tipo de sessão PDU IPv4 apenas permitido)**.
- IPv6 alocado, sem IPv4 → sinaliza `IPV6` com causa 5GSM **#51 (tipo de sessão PDU IPv6 apenas permitido)**.
- Ambas as famílias presentes → sinaliza `IPV4V6` inalterado.

Isso é necessário para interoperabilidade: anunciar `IPV4V6` enquanto carrega apenas um endereço IPv4 faz com que a RAN rejeite a configuração de recursos N2. Operadores que atendem assinaturas de pilha dupla a partir de pools apenas IPv4 verão, portanto, essas sessões surgirem como IPv4 com a causa NAS correspondente, em vez de falhar.

**Monitoramento**

- `GET /api/ip_pool`: capacidade total de IPv4 mais um resumo do pool por DNN.
- `GET /api/ip_pool/detail`: pools por DNN com CIDR de cada intervalo, total/alocado/disponível, e a lista completa de endereços atualmente alocados (dinâmicos + estáticos).

> **Nota sobre IPv6:** Endereços IPv6 são alocados, reservados, liberados e relatados pelo pool.

# Descoberta e Anúncio do P-CSCF (VoNR / IMS)

Para uma sessão PDU IMS/VoNR, o UE deve aprender um P-CSCF para se registrar. O SMF o retorna no **ePCO** da Aceitação de Estabelecimento da Sessão PDU (container IPv4 do P-CSCF `0x000C`, container IPv6 `0x0001`), um container por endereço, idêntico ao PGW-C 4G. O P-CSCF é retornado apenas quando o DNN começa com `ims`. A ordem de seleção:

1. **Descoberta DNS + verificação de saúde (preferido).** Quando `p_cscf_discovery_enabled`, o SMF resolve `_sip._tcp.<fqdn>` (SRV) para A/AAAA, em seguida, verifica a saúde de cada candidato com um SIP `OPTIONS` (TCP depois UDP). Apenas servidores que respondem são anunciados, e o conjunto é atualizado em um ciclo fixo de 60 segundos, então um P-CSCF que para de responder `OPTIONS` é removido do conjunto anunciado em aproximadamente um minuto, e um recuperado é re-adicionado no próximo ciclo. A atualização ocorre independentemente do estabelecimento da sessão; novas sessões sempre leem o conjunto saudável mais recente.
2. **Fallback estático.** Se a descoberta estiver desativada ou não retornar nada saudável, `p_cscf_ipv4_address_list` / `p_cscf_ipv6_address_list` são usados.

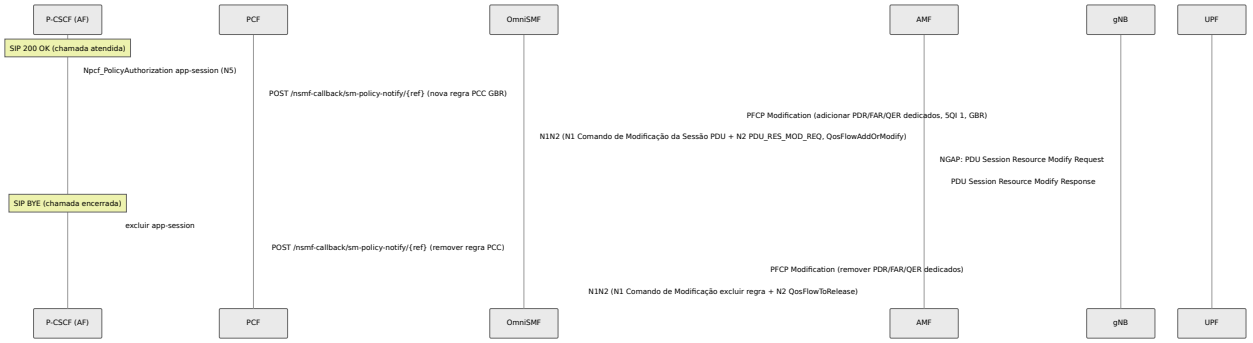
Isso espelha exatamente o PGW-C, então uma configuração de implantação IMS 4G/5G mista configura o P-CSCF da mesma forma em ambos os nós. Veja P-CSCF e Opções de Configuração de Protocolo.

# Fluxo de QoS Dedicado / Bearer GBR (VoNR, 5QI-1)

VoNR precisa de um fluxo de QoS GBR dedicado (5QI 1) para a mídia de voz, juntamente com o fluxo não GBR padrão. Tanto um caminho **estático** (provisionado) quanto um **dinâmico** (dirigido por chamada) são suportados.

**Estático:** a regra GBR é provisionada na política (a regra de cobrança PCRF do HSS para UDR `sm-policy-data` para a regra PCC do PCF) e retornada na decisão de `sm-policies`. É armazenada e instalada assim que a sessão PFCP existe, então o UPF marca o fluxo com seu 5QI/GBR desde o momento em que a sessão é estabelecida.

**Dinâmico (dirigido por chamada):** o fluxo é adicionado quando a chamada é atendida e removido no BYE, dirigido pelo callback de notificação de política do PCF:



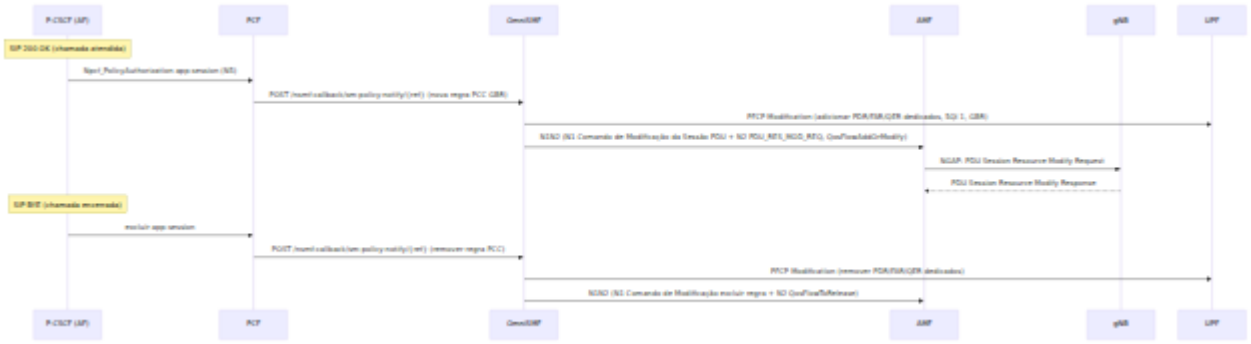

A notificação é entregue a `/nsmf-callback/sm-policy-notify/{smContextRef}` (o SMF lê `smPolicyDecision` do corpo): uma regra PCC não nula instala o fluxo, uma regra com valor nulo remove-o (TS 29.512, uma regra PCC com valor nulo é uma regra para remover). A correspondência de sessão de aplicativo AF para política SM (por IP do UE) é realizada no PCF.

# Modificação da Sessão PDU: Atualização do Fluxo de QoS

Um AMF também pode conduzir uma modificação de QoS-flow diretamente através do endpoint de modificação com uma lista `qosFlows`, em vez de via PCF. Cada entrada atualiza um fluxo existente (correspondido por `qfi`) ou aloca um novo QFI. O UPF é reprogramado com a QoS alterada, e como `SmContextUpdatedData` não define nenhum membro JSON `qosFlows`, a

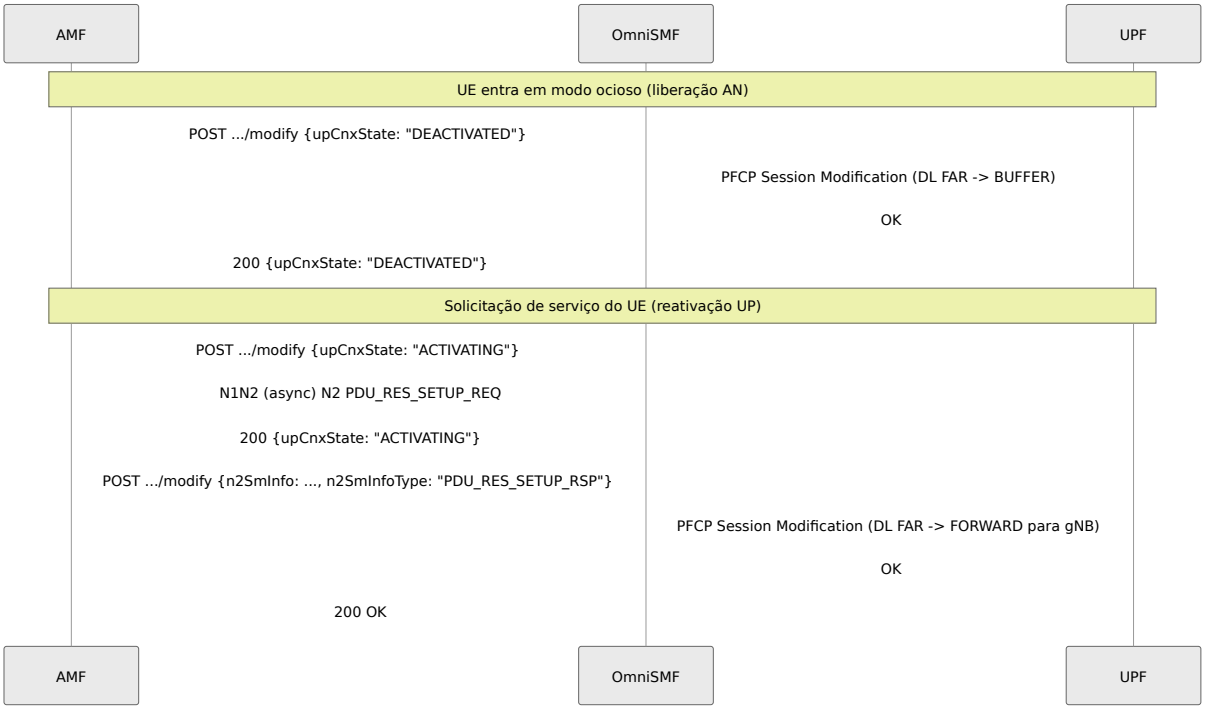
resposta é `204 No Content`; a alteração de QoS é comunicada ao gNB via informações N2 SM.

## Liberação da Sessão PDU (TS 23.502 §4.3.4)



A ordem de finalização é exclusão da política do PCF → exclusão da sessão PFCP → desregistro do UDM → notificação de status do contexto SM (`resourceStatus: RELEASED`) para o callback do AMF; o trabalhador então libera o IP do UE de volta ao pool e para. A mesma finalização ocorre para uma modificação `release: true` iniciada pelo AMF.

## UE Ocioso / Solicitação de Serviço: Estado de Conexão UP (TS 23.502 §4.2.3)




Ao `ACTIVATING`, o SMF atualiza o PTI a partir da última solicitação de estabelecimento do UE e envia um N1N2MessageTransfer ao AMF para acionar

o `PDUSessionResourceSetup` no gNB; a resposta `200` carrega `upCnxState: ACTIVATING`. O plano do usuário é redirecionado para o gNB somente uma vez que o F-TEID do gNB chega na resposta subsequente `PDU_RES_SETUP_RSP`.

## Transições de Estado de Handover

Um handover conduzido pelo AMF avança a sessão através dos valores `hoState` no endpoint de modificação:

- `PREPARING` / `PREPARED`: estado é registrado; o plano do usuário não é alterado.
- `COMPLETED`: o túnel é reativado (modificação PFCP, FAR de downlink para o gNB alvo) e o estado de handover é limpo.
- `CANCELLED`: o estado de handover é limpo sem alteração no plano do usuário.

## Estrutura da Sessão PFCP N4

Cada sessão PDU instala os seguintes IEs PFCP no UPF (TS 29.244):

| IE | Direção | Propósito |
|---|---|---|
| PDR (uplink) | Acesso → Core | Correspondência de tráfego GTP-U do gNB no F-TEID N3 do UPF |
| PDR (downlink) | Core → Acesso | Correspondência de tráfego do N6 pelo endereço IP do UE |
| FAR (uplink) | Core | Encaminhar para N6 (sem cabeçalho externo) |
| FAR (downlink) | Acesso | Inicialmente BUFFER; atualizado para GTP-U FORWARD após `PDU_RES_SETUP_RSP` |
| QER | Ambos | Aplicar session AMBR (MBR de uplink e downlink); QER dedicado adicionado por fluxo GBR |
| URR | Ambos | Relatório de uso baseado em tempo (limite derivado de `heartbeat_interval`) |

O URR único utiliza medição baseada em duração com um gatilho de limite de tempo. O limite é derivado de `heartbeat_interval` (seis vezes seu valor, por exemplo, 60 s no intervalo padrão de 10 s), portanto, não é ajustável de forma independente; aumente `heartbeat_interval` para prolongar a cadência de relatórios. Os relatórios de uso que o UPF envia de volta são registrados e apresentados como as métricas `omni_smf_n4_usage_reports_total` e `omni_smf_n4_usage_report_volume_bytes_total` (veja Métricas), e, quando a cobrança convergente N40 está habilitada, encaminhados para o CHF como Solicitações de Dados de Cobrança provisórias.

A associação PFCP com o UPF é estabelecida (com batimentos cardíacos) antes que qualquer solicitação de sessão seja enviada. Se a associação for perdida, pode ser reativada através da API de gerenciamento (`POST /api/oam/pfcp/reassociate`).

# Interoperabilidade N26 EPS (4G ↔ 5G)

O SMF e o PGW-C autônomo compartilham um UPF e coordenam sobre um caminho interno de interoperabilidade N26 para que um UE mantenha seu endereço IP durante uma transferência:

- **Adotar (4G → 5G):** uma sessão EPS originada em 4G é adotada no 5GS, reutilizando o IP de UE já alocado do PGW-C. Re-adotar uma sessão existente retorna a sessão 5G existente em vez de criar uma duplicata.
- **Trocar:** o lado de acesso de uma sessão existente é trocado para `:eps` (5G → 4G) ou `:fivegs` (4G → 5G) atualizando o túnel de acesso via uma modificação PFCP (S-GW S5/S8-U TEID/endereço para EPS, gNB N3 TEID/endereço para 5GS) enquanto mantém o mesmo IP de UE e a mesma sessão PFCP no UPF. A troca retorna uma visão EPS (IP de UE preservado, DNN, AMBR da sessão, id do bearer EPS padrão e o F-TEID do PGW-U) que o PGW-C usa para responder ao SGW.
- **Consulta:** as sessões PDU ativas de um UE podem ser lidas como visões de conexão PDN EPS por SUPI/IMSI.

A API de gerenciamento expõe `POST /api/eps_handover` para conduzir a interoperabilidade. O endereço S5/S8-C do PGW-C é anunciado via a chave de configuração obrigatória `pgw_c_addr` (veja Referência de Configuração).

← Visão Geral

# Solução de Problemas do OmniSMF

## Estabelecimento de Sessão PDU Falha com 404 DNN_DENIED

- **Sintoma:** AMF recebe `404` com causa `DNN_DENIED`.
- **Causa:** os dados de assinatura SM do UDM não incluem o DNN solicitado.
- **Resolução:** verifique os dados do assinante UDM para o SUPI contém uma entrada `dnnConfigurations` que corresponda ao DNN solicitado (a correspondência não é sensível a maiúsculas e minúsculas). O log do SMF mostra `dnn_not_found`.

## Estabelecimento de Sessão PDU Falha com 503 NF_DISCOVERY_FAILURE

- **Sintoma:** AMF recebe `503` com causa `NF_DISCOVERY_FAILURE`.
- **Causa:** o SMF não conseguiu alcançar o UDM em `udm_uri`.
- **Resolução:** verifique a conectividade do host SMF para `udm_uri`, e que a porta SBI do UDM é acessível. O log do SMF mostra a razão subjacente.

## Estabelecimento de Sessão PFCP Rejeitado

- **Sintoma:** o UPF retorna uma causa não aceita na Resposta de Estabelecimento de Sessão PFCP.

- **Causas / resolução:**
  - `upf_addr` / `upf_pfcp_port` incorretos: verifique se o UPF está ouvindo na porta PFCP.
  - Associação PFCP não estabelecida: o SMF deve completar a Configuração de Associação PFCP antes de enviar solicitações de sessão. Verifique os logs de inicialização para mensagens de associação; se necessário, reative via `POST /api/oam/pfcp/reassociate`.
  - `pfcp_addr` não roteável a partir do UPF: defina-o para um endereço que o UPF possa alcançar.

# UE Não Recebe Endereço IP

- **Sintoma:** a sessão falha durante a atribuição de IP.
- **Causas / resolução:**
  - `:no_pool_for_dnn`: o DNN solicitado não possui uma entrada correspondente `subnet_map` e nenhum `default`; adicione um.
  - `:ipv4_pool_exhausted` / `:ipv6_pool_exhausted`: o intervalo correspondente está cheio; amplie ou adicione um intervalo.
  - `:static_ip_in_use`: o mesmo `staticIpAddress` está provisionado contra dois assinantes; corrija os dados da assinatura.
  - `:static_ip_invalid`: o `staticIpAddress.ipv4Addr` provisionado não é um endereço IPv4 válido; corrija os dados da assinatura.
- **Dual-stack servido como single-stack:** uma solicitação de dual-stack de um pool apenas IPv4 aparece intencionalmente como IPv4 com a causa 5GSM #50 (veja reconciliação do tipo de sessão PDU).

# AMBR da Sessão Limitada a ~1 Mbps

- **Sintoma:** a taxa de transferência de cada sessão é limitada a aproximadamente 1 Mbps, independentemente do AMBR assinado.
- **Causa:** o PCF recebeu apenas uma chave `sessionAmbr` não especificada e deixou `subsSessAmbr` não configurada, então voltou ao seu padrão de

~1000 Kbps.

- **Resolução:** o SMF envia tanto `subsSessAmbr` (o nome do campo TS 29.512) quanto `sessionAmbr` na associação de política do SM, e lê o AMBR assinado do campo `sessionAmbr` da configuração DNN do UDM. Verifique se a configuração DNN do UDM carrega o `sessionAmbr` correto, e que o PCF respeita `subsSessAmbr`. Veja Session-AMBR para o PCF.

# N1N2MessageTransfer para AMF Falha

- **Sintoma:** o contexto SM e a sessão PFCP são criados, mas o UE nunca recebe o Estabelecimento Aceito.
- **Causa:** a transferência assíncrona N1N2MessageTransfer para o AMF falhou; sem nova tentativa automática.
- **Resolução:** o SMF envia cada mensagem Namf associada ao UE para o AMF que atende o UE, a instância NF nomeada por `servingNfId` na Criação/Atualização do Contexto SM, procurada no NRF. Uma linha de log `Cannot resolve serving AMF <id>` significa que a instância AMF não está registrada no NRF; registre-a ou verifique a acessibilidade do NRF. Caso contrário, verifique se o AMF é acessível. Para recuperar, libere o contexto SM e tente novamente o estabelecimento.

# Fluxo VoNR Dedicado Não Criado

- **Sintoma:** uma chamada de voz é estabelecida, mas nenhum fluxo GBR 5QI-1 dedicado aparece.
- **Causas / resolução:**
  - O callback de notificação de política do PCF não chegou: confirme se o PCF está configurado com a URI de notificação `/nsmf-callback/sm-policy-notify/{smContextRef}` e que a sessão de aplicativo AF (P-CSCF) alcançou o PCF.
  - Nenhum QFI disponível: o log mostra `No QFI available for PCC rule ...`; muitos fluxos dedicados já existem na sessão.

- A regra PCC não carregava 5QI / GBR: apenas regras com valores `5qi` e GBR resolvíveis se tornam fluxos dedicados; verifique a regra de cobrança / decisão de QoS na política.

# Alta Contagem de Sessões / Crescimento de Memória

- **Sintoma:** a contagem de trabalhadores de sessão cresce sem liberações correspondentes.
- **Causa:** liberações iniciadas pelo AMF/UE perdidas (por exemplo, após uma reinicialização do AMF) deixam trabalhadores de sessão órfãos; não há tempo limite de sessão.
- **Resolução:** acompanhe a contagem de sessões ativas ao vivo com o gauge `omni_smf_active_pdu_sessions_count` (dividido por DNN), ou leia os endpoints de gerenciamento `GET /api/statistics` e `GET /api/pdu_session` (veja Métricas). As sessões podem ser drenadas por DNN, SUPI, S-NSSAI ou UPF via os endpoints de gerenciamento `/api/oam/session/by_*`. O IP do UE é sempre retornado ao pool quando um trabalhador sai, então drenar trabalhadores órfãos recupera seus endereços.

# Correlação de Logs

Os logs são JSON estruturados com metadados (SUPI, id da sessão PDU, referência do contexto SM, DNN, procedimento). Filtre por SUPI para rastrear o ciclo de vida da sessão de um assinante. Ajuste o nível de log em tempo de execução via `POST /api/oam/log_level` sem reinicialização.