

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

VINÍCIUS DA LUZ SOUZA

**Desenvolvimento de Ferramenta para Captura e Análise de Pacotes  
OMCI em Redes GPON**

São José - SC

Julho/2020



# **DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA CAPTURA E ANÁLISE DE PACOTES OMCI EM REDES GPON**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenadoria do Curso de Engenharia de Telecomunicações do campus São José do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Engenheiro de Telecomunicações.

Orientador: Marcelo Maia Sobral

Coorientador: Roberto de Matos

São José - SC

Julho/2020

# RESUMO

As redes *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) são redes de acesso baseadas na utilização de elementos passivos com o intuito de fornecer conexão através da fibra óptica. Graças ao aumento na demanda por altas taxas de transmissão, somado aos benefícios da utilização da fibra óptica e seu notável barateamento nos últimos anos, essa tecnologia vem ganhando mercado. No Brasil, a presença de Provedores de Pequeno Portes (PPPs) tem impulsionado ainda mais a utilização deste tipo de rede. Entretanto há pouco desenvolvimento nacional de GPON. Além disso, apesar da normatização da ITU-T G.984, a incompatibilidade entre fabricantes é notória nesta tecnologia, fazendo com que alguns elementos da rede não se comuniquem adequadamente. Desta forma, este trabalho tem por objetivo desenvolver uma ferramenta que capture e analise pacotes de gerenciamento que trafegam na rede GPON. Esta ferramenta poderá auxiliar na compatibilização entre equipamentos, tornando a rede mais heterogênea e contribuindo para o desenvolvimento de tecnologia nacional.

**Palavras-chave:** Redes Ópticas. GPON. OMCI.

# ABSTRACT

GPON networks are access networks based on the use of passive elements in order to provide connection through optical fiber. Thanks to the increase in demand for high transmission rates, coupled with the benefits of using optical fiber and its notable cheapness in recent years, this technology has been gaining market share. In Brazil, the presence of small internet providers has further boosted the use of this type of network. However, there is little national development of GPON. In addition, despite the standardization of ITU-T G.984, incompatibility between manufacturers is evident in this technology, causing some elements of the network to not communicate properly. Thus, this work aims to develop a tool that captures and analyzes management packages that travel over the GPON network. This tool can assist in making equipment compatible, making the network more heterogeneous and contributing to the development of national technology.

**Keywords:** Optical Networks. GPON. OMCI.



# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Topologia de Rede de Telecomunicações Moderna . . . . .	17
Figura 2 – Cenários <i>Fiber To The X</i> (FTTx) . . . . .	19
Figura 3 – Relação entre ONU, T-CONT e GEM . . . . .	22
Figura 4 – Quadro <i>downstream</i> GTC . . . . .	22
Figura 5 – Quadro <i>Upstream Bandwidth Map</i> . . . . .	23
Figura 6 – Quadro GEM . . . . .	24
Figura 7 – Quadro <i>Upstream</i> . . . . .	24
Figura 8 – Quadro PLOAM . . . . .	25
Figura 9 – Quadro <i>Optical network termination Management and Control Interface</i> (OMCI) . . . . .	26
Figura 10 – Cenário de captura da ferramenta . . . . .	29
Figura 11 – ONU 110 - Utilizada como capturador . . . . .	29





# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais GPON . . . . .	21
Tabela 2 – Exemplo - <i>Managed Entity</i> (ME) <i>IP host config data</i> (134) . . . . .	27
Tabela 3 – Cronograma das atividades previstas . . . . .	31



# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>GPON</b> <i>Gigabit Passive Optical Network</i> .....	2
<b>APON</b> <i>ATM Passive Optical Network</i> .....	20
<b>BPON</b> <i>Broadband Passive Optical Network</i> .....	20
<b>PPP</b> <i>Provedores de Pequeno Porte</i> .....	2
<b>FTTH</b> <i>Fiber To The Home</i> .....	15
<b>FTTB</b> <i>Fiber To The Building</i> .....	19
<b>FTTC</b> <i>Fiber To The Curb</i> .....	20
<b>FTTN</b> <i>Fiber To The Neighborhood</i> .....	20
<b>FTTP</b> <i>Fiber To The Premises</i> .....	20
<b>FTTx</b> <i>Fiber To The X</i> .....	5
<b>xDSL</b> <i>Digital Subscriber Line</i> .....	15
<b>DSL</b> <i>Digital Subscriber Line</i> .....	17
<b>HFC</b> <i>Hybrid Fiber Coax</i> .....	17
<b>OLT</b> <i>Optical Line Terminal</i> .....	15
<b>ONU</b> <i>Optical Network Unit</i> .....	15
<b>ONU-ID</b> <i>Optical Network Unit Identifier</i> .....	25
<b>ONU</b> <i>Optical Network Unit</i> .....	15

<b>ONT</b> <i>Optical Network Termination</i> .....	15
<b>ODN</b> <i>Optical Distribution Network</i> .....	18
<b>VoIP</b> <i>Voice Over IP</i> .....	15
<b>OMCI</b> <i>Optical network termination Management and Control Interface</i> .....	5
<b>OMCC</b> <i>Optical network termination Management and Control Channel</i> .....	24
<b>ME</b> <i>Managed Entity</i> .....	7
<b>MIB</b> <i>Management Information Base</i> .....	15
<b>ITU</b> <i>International Telecommunication Union</i> .....	15
<b>ATM</b> <i>Asynchronous Transfer Mode</i> .....	18
<b>GEM</b> <i>GPON Encapsulation Method</i> .....	21
<b>GTC</b> <i>GPON Transmission Convergence</i> .....	20
<b>OAM</b> <i>Operation, Administration and Maintenance</i> .....	20
<b>PLOAM</b> <i>Physical Layer Operations, Administrations and Maintenance</i> .....	23
<b>PLOAMd</b> <i>Physical Layer Operations, Administrations and Maintenance downstream</i> .....	23
<b>PLOAMu</b> <i>Physical Layer Operations, Administrations and Maintenance upstream</i>	
<b>T-CONT</b> <i>Transmission Container</i> .....	21
<b>Alloc-ID</b> <i>Allocation Identifier</i> .....	21
<b>DBA</b> <i>Dynamic Bandwidth Assignment</i> .....	21
<b>SDH</b> <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> .....	21

<b>IP</b> <i>Internet Protocol</i> .....	21
<b>ID</b> <i>Identifier</i> .....	21
<b>MPLS</b> <i>Multi-Protocol Label Switching</i> .....	21
<b>QoS</b> <i>Quality of Service</i> .....	21
<b>PCB</b> <i>Physical Control Block</i> .....	22
<b>PCBd</b> <i>Physical Control Block downstream</i> .....	22
<b>UNI</b> <i>User-Network Interface</i> .....	25
<b>TDM</b> <i>Time Division Multiplexing</i> .....	21
<b>PSync</b> <i>Physical Synchronization</i> .....	22
<b>BIP</b> <i>Bit Interleaved Parity</i> .....	23
<b>PLend</b> <i>Payload Length Downstream</i> .....	23
<b>PLI</b> <i>Payload Length Indicator</i> .....	23
<b>PTI</b> <i>Payload Type Indicator</i> .....	24
<b>HEC</b> <i>Header Error Control</i> .....	24
<b>US</b> <i>Upstream</i> .....	23
<b>BW</b> <i>Bandwidth</i> .....	23
<b>CRC</b> <i>Cyclic Redundancy Check</i> .....	23
<b>BER</b> <i>Bit Error Ratio</i> .....	24
<b>PMD</b> <i>Physical Media Dependent</i> .....	20

<b>PON</b> <i>Passive Optical Network</i> .....	18
<b>FEC</b> <i>Forward Error Correction</i> .....	20
<b>FSAN</b> <i>Full Service Access Network</i> .....	20
<b>ISP</b> <i>Internet Service Provider</i> .....	17
<b>PC</b> <i>Personal Computer</i> .....	29
<b>DNS</b> <i>Domain Name System</i>	
<b>DHCP</b> <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>	
<b>SDK</b> <i>Software Development Kit</i> .....	30

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Redes PON</b>	<b>17</b>
2.1.1	Elementos de redes PON	18
2.1.2	Arquiteturas FTTx	19
<b>2.2</b>	<b>GPON</b>	<b>20</b>
2.2.1	Enquadramento GPON	21
2.2.2	PLOAM	24
2.2.3	OMCI	25
<b>3</b>	<b>PROPOSTA</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Captura de pacotes na ONU</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise das instâncias OMCI</b>	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Verificação das MEs</b>	<b>30</b>
<b>3.4</b>	<b>Resultados e discussão</b>	<b>31</b>
<b>3.5</b>	<b>Considerações Parciais/Finais</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Cronograma</b>	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>





# 1 INTRODUÇÃO

O acesso a internet banda larga vem crescendo ano após ano ao redor do mundo, impondo um crescimento médio anual de quase 13%. No Brasil o crescimento acontece na mesma proporção, colocando o país na sexta posição, entre os dez com maior número de assinantes de banda larga fixa no mundo (ANATEL, 2019). Os provedores ou prestadoras de pequeno porte (PPPs), juntos, somam 27% do *market share* do mercado de banda larga fixa no Brasil (ABRANET, 2019). Nesses provedores, de modo a oferecer um serviço diferenciado, é comum o fornecimento do serviço de banda larga com acesso via fibra óptica até a casa do assinante, o chamado *Fiber To The Home* (FTTH). Em função do avanço no uso das redes via fibra óptica, os acessos à banda larga realizados através deste meio já ultrapassaram os realizados através de tecnologias *Digital Subscriber Line* (xDSL), que dominavam o mercado há pouco tempo atrás (ABRANET, 2020). Apesar do grande mercado já existente e do forte crescimento previsto, a maior parte das tecnologias de acesso utilizadas para fornecer conexão via fibra óptica no Brasil são importadas, de modo que há pouco desenvolvimento desses produtos em território brasileiro.

A tecnologia *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) fornece uma rede de acesso através de elementos passivos capazes de prover velocidades na ordem de *Gigabits* por segundo. Nessa tecnologia, o equipamento mestre, denominado *Optical Line Terminal* (OLT), faz o gerenciamento dos equipamentos escravos, as *Optical Network Units* (ONUs) ou *Optical Network Terminations* (ONTs). Todavia, apesar de se ter um padrão definido pela *International Telecommunication Union* (ITU), há bastante divergência nas mensagens de protocolo trocadas entre equipamentos de diferentes fabricantes, de modo que se torna comum equipamentos escravos (ONUs ou ONTs) de determinado fabricante não serem compatíveis com equipamentos mestre (OLTs) de outro fabricante. Como alguns exemplos, é possível citar a configuração de determinados serviços, tais como: configuração de um determinado fluxo de dados, rotas estáticas ou até mesmo configuração de uma conta *Voice Over IP* (VoIP) em uma ONU/ONT. Essas incompatibilidades limitam a utilização de equipamentos de diferentes fabricantes, fazendo com que o cliente seja, por vezes, forçado a utilizar os dispositivos de um mesmo fornecedor, principalmente em cenários onde já existe uma infraestrutura em execução. Visando reduzir os impactos da incompatibilidade, parte do trabalho de desenvolvedores desses equipamentos é realizar a compatibilização dos dispositivos que compõem a rede. Entretanto, o alto custo e a baixa oferta de equipamentos de análise de redes GPON tornam o desenvolvimento caro e moroso. O que é um problema, tendo em vista o rápido crescimento desse mercado.

Considerando o cenário emergente do acesso à banda larga, o alto crescimento das redes de acesso FTTH e as dificuldades de compatibilidade entre os equipamentos de mercado, este trabalho tem por objetivo desenvolver uma ferramenta de captura e análise dos pacotes que fazem a comunicação entre os equipamentos OLT (mestre) e ONU/ONT (escravo). Para efetuar a captura, serão realizadas alterações no *firmware* de uma ONU do fabricante Intelbras, fazendo com que os pacotes que trafegam na porta óptica sejam entregues diretamente na porta elétrica (*ethernet*). Deste modo, será possível a conexão de um computador, que fará a análise dos pacotes capturados através de um *software*, que também será desenvolvido neste trabalho. O *software* fará a análise dos pacotes do protocolo OMCI, que é o protocolo utilizado pelas OLTs para gerenciarem as ONUs/ONTs em redes GPON. O OMCI provê a comunicação entre OLT e ONU através de *Management Information Bases* (MIBs), denominadas MEs, que possuem campos pré formatados de acordo com a ITU-T G.984.4. Com base nisso, o *software* desenvolvido, além de exibir as ligações formadas pelo OMCI, deverá analisar se os campos obrigatórios foram preenchidos e também se os tamanhos destes campos estão sendo respeitados. A partir da análise e da visualização oferecida pelo *software*, os analistas e engenheiros de desenvolvimento poderão diagnosticar

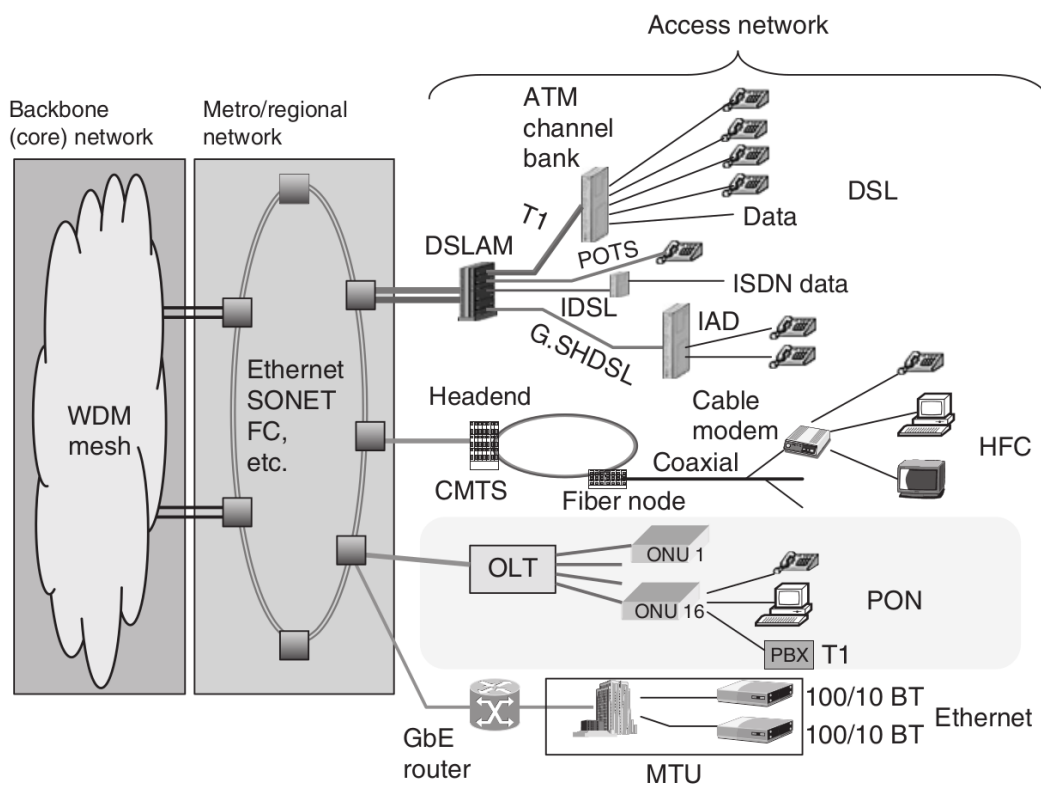
falhas e incompatibilidades entre equipamentos, possibilitando a aplicação das devidas correções, ajustes e melhorias em seus dispositivos. Desta forma, a ferramenta poderá contribuir ainda para o desenvolvimento nacional de tecnologia GPON, permitindo as adequações necessárias, de acordo com as necessidades locais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Redes PON

Arquiteturas modernas de redes de telecomunicações, como por exemplo, a Internet, se baseiam em três divisões principais em sua topologia: redes *backbone* (ou rede de núcleo, ou rede *core*), redes metro e redes de acesso. Cada um desses três tipos de rede possui sua atribuição e posicionamento dentro da topologia. No nível mais alto, estão as redes *backbone*, que são responsáveis pelo transporte em longas distâncias como, por exemplo, enlaces nacionais e internacionais. Num nível intermediário, encontram-se as redes metro, que são responsáveis pela organização e roteamento em nível local ou regional. Já na linha de frente, ou seja, na borda da topologia, estão as redes de acesso (CEDRIC, 2007). Elas são responsáveis por fornecer acesso ao usuário final, garantindo sua conexão à rede, podendo ser de origem corporativa ou, conforme utiliza-se nesta monografia, a Internet.

Figura 1 – Topologia de Rede de Telecomunicações Moderna



FONTE: CEDRIC (2007)

Conforme descrito na Figura 1, cada tipo de rede possui suas respectivas tecnologias para transporte de dados, as quais visam atender as demandas inerentes de cada camada. Seguindo essa lógica, existem algumas tecnologias pelas quais um *Internet Service Provider (ISP)* pode fornecer acesso a seus usuários, que podem variar de acordo com a necessidade de banda do assinante ou levando em consideração outros sistemas que já estão em uso. Segundo KUROSE e ROSS (2013), os dois tipos de tecnologias de acesso predominantes são o acesso à cabo e o *Digital Subscriber Line (DSL)*. Provedores que fornecem o acesso via cabo, através do *Hybrid Fiber Coax (HFC)*, normalmente utilizam essa tecnologia pois já possuem uma infraestrutura para fornecimento de TV a cabo, assim como provedores que fornecem acesso

através do DSL utilizam a infraestrutura já existente de telefonia para fornecer o acesso à rede.

A tecnologia *Passive Optical Network* (PON) é uma rede de acesso que utiliza a fibra óptica como meio físico. Apesar de ser uma tecnologia já existente desde os anos 90, ela ganhou popularidade nos últimos anos devido ao aumento na demanda por bandas de dados cada vez mais largas, necessidade de serviços *triple play* (dados, voz e vídeo) e queda nos custos dos equipamentos e meios ópticos (CEDRIC, 2007). Além disso, por utilizar somente elementos passivos na distribuição, seu custo de manutenção é baixo em relação a outras redes que necessitam de elementos ativos para extensão. Outra característica importante das redes PON diz respeito ao uso da fibra óptica, pois este meio não sofre com interferências eletromagnéticas, facilitando sua utilização e distribuição (KUROSE; ROSS, 2013).

### 2.1.1 Elementos de redes PON

Apesar da indicação de rede passiva no nome PON, a utilização de elementos ativos é necessária para a transmissão e recepção dos sinais ópticos. Os componentes ativos da tecnologia PON estão localizados nas bordas da rede e são os denominados *Optical Line Terminal* (OLT) e *Optical Network Termination* (ONT) ou *Optical Network Unit* (ONU).

A OLT é o equipamento que normalmente está localizado no ponto de distribuição do fornecedor da rede. Ela é responsável pelo controle do tráfego nas direções *downstream* (OLT para ONT) e *upstream* (ONT para OLT). A fim de possibilitar o tráfego bidirecional em uma única fibra, diferentes comprimentos de onda são utilizados para cada um dos sentidos. Para o sentido *downstream*, a OLT envia dados e voz no comprimento de onda de 1490 nanômetros e vídeo no comprimento de 1550 nanômetros. No sentido contrário, a ONT envia dados e voz através do comprimento de onda de 1310 nanômetros. Uma OLT é geralmente desenvolvida com mais de uma porta PON, sendo que cada porta pode conter até 32 ONTs, de acordo com sua definição (veremos que houve expansões de acordo com a evolução dos protocolos PON). Cada porta PON deve ter capacidade para suportar clientes a uma distância de até 20 quilômetros e, dependendo do protocolo utilizado na rede, as taxas de dados podem variar de 155 Mbps até 2.5 Gbps. Essas taxas normalmente são assimétricas, ou seja, a banda designada para *downstream* não é a mesma designada para *upstream*, porém o modo simétrico também pode ser utilizado (KEISER, 2006).

Os equipamentos ONU e ONT são os dispositivos que estão localizados no fim da rede óptica. Possuem uma interface em seu lado *upstream* que faz a conexão com a rede *Optical Distribution Network* (ODN) e podem possuir diferentes interfaces de conexão no seu lado *downstream*. De acordo com Keiser (2006), em seu lado *downstream*, as ONTs possuem interfaces elétricas que fazem a conexão diretamente com os equipamentos do cliente, podendo conter interfaces *Ethernet* de diferentes velocidades, interfaces T1 ou E1, DS3 ou E3, conexões telefônicas, interfaces *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) e saídas de vídeo digital e analógico. Ainda de acordo com sua definição, a ONU é um dispositivo que normalmente é colocado em ambientes externos, localizados, por exemplo na calçada das ruas, e devem possuir resistência a variações de temperatura e banco de baterias. Além disso, em seu lado *downstream*, possuem interfaces que fazem a conexão com o cliente através de cabos de par trançado, cabo coaxial, podem possuir um outro link óptico independente ou até mesmo uma conexão sem fio. Já de acordo com CEDRIC (2007), o uso dos termos ONU e ONT é bastante arbitrário nos padrões da série G.983, não seguindo uma regra fixa. Por esse motivo, nesta monografia, não faremos distinção entre esses dois equipamentos.

Os elementos passivos presentes em uma rede PON são os cabos ópticos, os *splitters* ópticos e os acopladores de comprimento de onda. Os cabos ópticos tem a função de guiar o sinal até o seu destino e são basicamente divididos em cabos multimodo e cabos monomodo. Tradicionalmente, os cabos monomodo são utilizados para longas distâncias, enquanto que cabos multimodo são mais utilizados para conexões locais. Os *splitters* ópticos são responsáveis pelas divisões do sinal óptico, podendo variar de

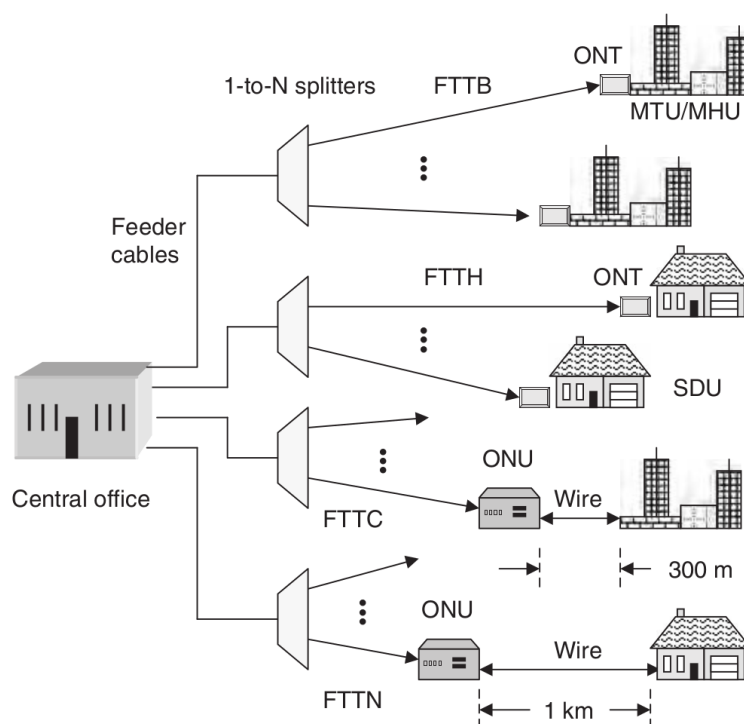
1 entrada para 2 saídas até 1 entrada e 128 saídas, sendo as os valores mais comuns de 1:8, 1:16 e 1:32. Para cada divisão, há um valor de perda característico. Por fim, os acopladores de comprimento de onda tem a função de refletir ou permitir a passagem de determinados comprimentos de onda. Eles funcionam como um filtro tanto para o lado da **OLT**, quanto para o lado da **ONU** (KEISER, 2006).

### 2.1.2 Arquiteturas FTTx

As arquiteturas de redes **PON** possibilitam a utilização em cenários ponto-a-ponto e cenários ponto-multiponto. Segundo CEDRIC (2007), os cenários ponto-a-ponto foram adotados apenas em alguns testes iniciais. Neste caso, uma quantidade maior de fibras e transceptores são necessários em ambos os lados da comunicação. Em contrapartida, as arquiteturas ponto-multiponto se baseiam no compartilhamento de uma mesma fibra, de modo a atender diversos assinantes. Apesar de essas arquiteturas disponibilizarem taxas menores para transmissão de dados, já que a banda é compartilhada, sua utilização é adequada para o cenários dos **ISPs**. No caso dos provedores, este cenário torna o investimento na compra de fibras ópticas bem mais baixo, já que não é necessária uma nova fibra para cada novo cliente que deseja ter acesso a rede.

O fornecimento de enlaces de rede utilizando tecnologias **PON** é normalmente chamado de **FTTx**. A sigla é proveniente do inglês *Fiber-To-The-x*, que podemos traduzir por fibra-até-o-x. Onde "x" indica o ponto terminal da fibra. Dessa notação surgem as nomenclaturas **FTTH**, **FTTB**, **FTTC**, **FTTN**, entre outros. Na figura a seguir, considere a presença de uma **OLT** no escritório central do provedor da rede.

Figura 2 – Cenários FTTx



FONTE: Keiser (2006)

Na **Figura 2** são apresentados os principais cenários **FTTx**. A descrição de cada um segue a seguir:

- *Fiber To The Building (FTTB)*: cenário onde a fibra sai do ponto de distribuição do **ISP** e é levada até a construção, ou seja, um prédio, por exemplo. A partir daí, é utilizado par trançado ou cabo coaxial até o local do assinante.

- *Fiber To The Home (FTTH)*: cenário em que a fibra sai do ponto de distribuição do **ISP** e é entregue diretamente na casa do assinante. Neste caso, há a possibilidade de utilizar uma **ONT** com conexão *Wireless* e portas de telefonia, por exemplo, para fornecimento ao usuário.
- *Fiber To The Curb (FTTC)*: é possível traduzir "*curb*" como "borda de calçada". Sendo assim, neste cenário, a fibra que sai do **ISP** é levada até cerca de 300 metros de proximidade da casa do assinante, de onde a conexão é normalmente realizada através de cabo coaxial ou par trançado;
- *Fiber To The Neighborhood (FTTN)*: semelhante ao **FTTC**, porém a fibra é entregue a nível de bairro e, desta forma, está mais distante do usuário final, a cerca de 1000 metros;

Além da definição de cada cenário, um termo mais genérico tem sido utilizado para englobar todos os casos citados, cuja sigla é definida por *Fiber To The Premises (FTTP)* (KEISER, 2006).

## 2.2 GPON

*Gigabit Passive Optical Network* é um padrão definido pela **ITU** através da família G.984 que estabelece normativas para o funcionamento de redes gigabit através de uma infraestrutura de rede óptica passiva (**PON**). De acordo com Keiser (2006), o desenvolvimento deste padrão foi impulsionado em Abril de 2001 através do grupo *Full Service Access Network (FSAN)*. Este grupo de grandes provedores, fundado nos anos 90, tinha como objetivo a padronização de uma rede de acesso óptica passiva, visando o barateamento dos custos de uma rede **PON**, através da produção em escala por meio de um padrão comum. As padronizações do **FSAN** posteriormente foram incorporadas pelo **ITU** através da recomendação ITU-T G.983, denominado *ATM Passive Optical Network (APON)*, em Outubro de 1998. O nome **APON** foi utilizado justamente pelo fato de a padronização ter sido baseada nas redes **ATM**. Por uma justificativa meramente comercial, essa padronização também pode ser chamada de *Broadband Passive Optical Network (BPON)* (CEDRIC, 2007).

Apesar da expectativa, as redes **ATM** não se tornaram o padrão universal de transporte para as diversas aplicações distribuídas. Por outro lado, a popularidade das redes Ethernet e a necessidade crescente da demanda por maiores bandas de transmissão em redes de acesso, impulsionaram o desenvolvimento do padrão **GPON** (CEDRIC, 2007). Com seu desenvolvimento baseado na recomendação G.983 (**BPON**), algumas de suas características foram preservadas, além da principal novidade: a adição do suporte à redes Ethernet.

A família ITU-T G.984 possui quatro especificações, partindo da ITU-T G.984.1 até ITU-T G.984.4. A primeira especificação, ITU-T G.984.1, fornece uma visão geral do protocolo, indicando suas principais características e componentes. Algumas dessas características estão expostas na Tabela 1.

A especificação ITU-T G.984.2, *Physical Media Dependent (PMD)*, traz informações físicas à respeito do funcionamento do protocolo **GPON**, tais como: conversões óptico-elétricas e elétrico-ópticas, sincronismo de clock e mecanismos de correção de erro através de código corretor - *Forward Error Correction (FEC)*. Além disso, também são informados detalhes a respeito de tempo de guarda entre pacotes e controle de potência nos transmissores das **ONUs/ONTs**, que são ajustados automaticamente conforme a posição da **ONUs/ONTs** (mais próxima ou mais distante da **OLT**) (ITU-T, 2003).

A recomendação ITU-T G.984.3, *GPON Transmission Convergence (GTC)* tem como objetivo principal determinar o funcionamento do transporte de quadros entre **OLT** e **ONU** e vice-versa. Ela especifica o formato do quadro **GPON**, o funcionamento do *ranging method*, as normas de segurança e os procedimentos *Operation, Administration and Maintenance (OAM)* (ITU-T, 2014). Devido a importância

Tabela 1 – Características gerais GPON

Parâmetro	Descrição	Valor
Bit Rate	Taxa de bits	1.2 Gbit/s UP, 2.4 Gbit/s DOWN 2.4 Gbit/s UP, 1.2 Gbit/s DOWN
Logical Reach	Distância entre ONU/ONT e OLT, desconsiderando as limitações da camada física	60 km
Physical Reach	Distância entre ONU/ONT e OLT, com base nas limitações da camada física	10 km e 20 km
Differential Fibre Distance	Distância entre ONU/ONTs na fibra	20 km
Split Ratio	Taxa de divisão em uma única porta PON (clientes por PON)	Até 1:128
Differential Fibre Distance	Distância entre ONU/ONTs na fibra	20 km
UNI Service Examples	Exemplos de serviços oferecidos na porta UNI da ONU/ONT	Ethernet, POTS, ISDN (BRI, PRI), T1, E1, DS3, E3, Digital Video

Fonte – ITU-T (2008a)

do entendimento dos quadros GPON para a leitura desta monografia, a [subseção 2.2.1](#) apresenta os detalhes desta recomendação.

Por fim, a especificação ITU-T G.983.4, *Optical network termination Management and Control Interface (OMCI)*, descreve um protocolo para gerenciamento e controle das ONUs e ONTs presentes na rede, com o intuito de possibilitar a interoperabilidade entre OLT e ONU de diferentes fabricantes. O funcionamento dessa interoperabilidade é o objeto principal pelo qual esta monografia foi proposta e a compreensão dessa especificação possui grande importância para o decorrer da leitura, por este motivo a [subseção 2.2.3](#) foi descrita com os detalhes dessa recomendação (ITU-T, 2008b).

### 2.2.1 Enquadramento GPON

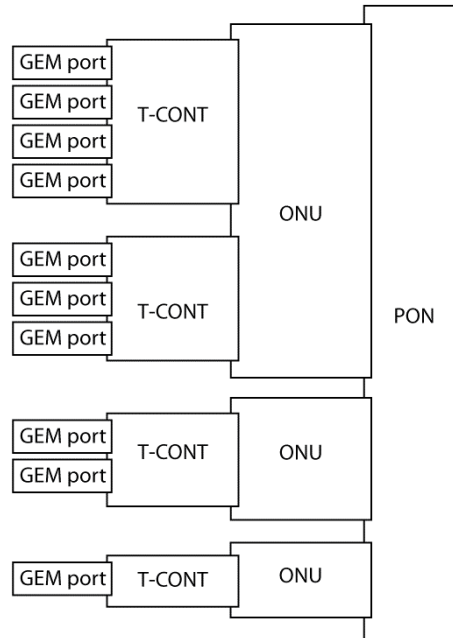
A especificação ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014) define como as funções da camada GTC são realizadas. Para realizá-las, é definido um meio de comunicação entre OLT e ONU. Neste contexto, são especificados os contêineres de transmissão, denominados *Transmission Containers (T-CONTs)*. Os T-CONTs são definidos pela OLT através de um *Identifier (ID)* de alocação, chamado de *Allocation Identifier (Alloc-ID)*. Ou seja, um Alloc-ID se refere a alocação de um contêiner de transmissão (T-CONT). A OLT pode fornecer um ou mais T-CONTs para determinada ONU, sendo que cada T-CONT pode conter um ou mais *GPON Encapsulation Methods (GEMs)*. O GEM é quem irá encapsular os diferentes protocolos como o *Ethernet*, o *Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*, o *Internet Protocol (IP)*, o *Time Division Multiplexing (TDM)*, e o *Multi-Protocol Label Switching (MPLS)*. A [Figura 3](#) mostra como é realizada essa divisão. Na imagem, é exibida a visão de uma porta PON de uma OLT. Uma porta PON pode conter várias ONUs. Cada ONU pode conter um ou mais T-CONTs, que por sua vez poderá ter um ou mais GEMs. Neste caso, conforme mencionado anteriormente, o GEM é quem fará o encapsulamento dos protocolos Ethernet, SDH, IP, etc.

Através da definição dos T-CONTs, a OLT possibilita a alocação dinâmica de banda na fibra por meio do *Dynamic Bandwidth Assignment (DBA)*. Além disso, existem diferentes tipos de T-CONTs, com diferentes prioridades, de modo a aplicar funcionalidades de qualidade de serviço, denominado *Quality of Service (QoS)*.

Inicialmente, além dos T-CONTs baseados em GEM, o padrão GPON previa também a utilização de T-CONTs baseados nos enlaces virtuais utilizados em redes ATM. Porém, devido a baixa ou nenhuma

utilização desse recurso, a especificação desse método foi removida da versão de 01/2014 da norma ITU-T G.984.4, a qual indica que o método foi depreciado (ITU-T, 2008b). Por esse motivo, esta monografia está fundamentada somente nos T-CONTs baseados em GEM.

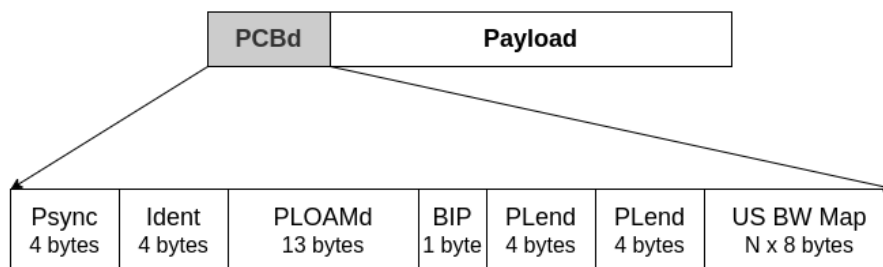
Figura 3 – Relação entre ONU, T-CONT e GEM



FONTE: Adaptado de ITU-T (2014)

A transmissão no sentido *downstream*, ou seja, da OLT para a ONU é realizada através de um quadro com tamanho fixo de  $125\mu\text{s}$ , dividido por um bloco denominado *Physical Control Block (PCB)* e um *GTC Payload*, conforme é mostrado na Figura 4. Considera-se inicialmente o bloco *Physical Control Block downstream (PCBd)*, que possui as seguintes divisões:

Figura 4 – Quadro *downstream* GTC

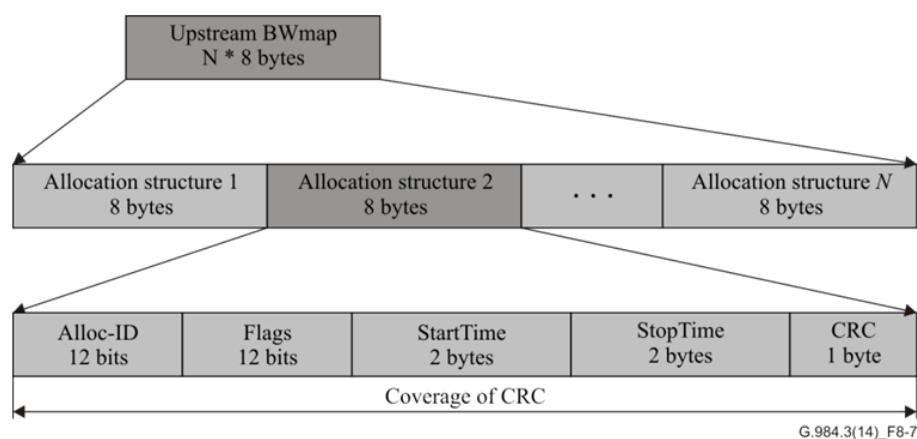


FONTE: ITU-T (2014)

- **Physical Synchronization (PSync) [4 bytes]:** Possui um valor fixo para sincronização, ou seja, para a ONU encontrar o início do quadro. Este valor é: 0xB6AB31E0;
- **Ident [4 bytes]:** é subdividido em:
  - **FEC Ind [1 bit]:** indica se o FEC está habilitado no sentido *downstream*
  - **Reserved [1 bit]:** reservado para uso futuro
  - **Superframe Counter [30 bits]:** um contador do super quadro utilizado para sincronismo.



- **Physical Layer Operations, Administrations and Maintenance downstream (PLOAMd)** [13 bytes]: contém mensagens de *Physical Layer Operations, Administrations and Maintenance (PLOAM)*, que possuem a funcionalidade de realizar procedimentos de operação, administração e manutenção em camada física.
- **Bit Interleaved Parity (BIP)** [1 byte]: Bits intercalados de paridade, utilizados para calcular a o número de erros no enlace
- **Payload Length Downstream (PLEnd)** [4 bytes]: Especifica o tamanho do próximo campo (BW Map) e o tamanho da parte ATM do *payload* (mesmo com a parte ATM depreciada, esse trecho ainda é enviado). Esse campo é enviado duas vezes para proteção contra erros.
- **Upstream (US) Bandwidth (BW) Map** [N x 8 bytes]: A Figura 5 mostra as subdivisões deste quadro. Neste campo a OLT informa a ONU como devem ser enviados os quadros no sentido *upstream*, de acordo com os T-CONTs que a ONU possui. N indica o T-CONT e os 8 bytes estão divididos da seguinte forma:
  - Alloc-ID [12 bits]: indica o respectivo Alloc-ID, ou seja, o ID do T-CONT em questão
  - Flags [12 bits]: algumas *flags* que indicam se determinada informação deve ser encaminhada no sentido *upstream* ou não
  - Start Time [2 bytes]: momento (tempo) em que a ONU deve iniciar a transmissão deste T-CONT
  - Stop Time [2 bytes]: momento (tempo) em que a ONU deve finalizar a transmissão deste *Transmission Container (T-CONT)*
  - *Cyclic Redundancy Check (CRC)* [1 byte]: cálculo CRC-8 conforme ITU-T I.432.1 (ITU-T, 1999)

Figura 5 – Quadro *Upstream Bandwidth Map*

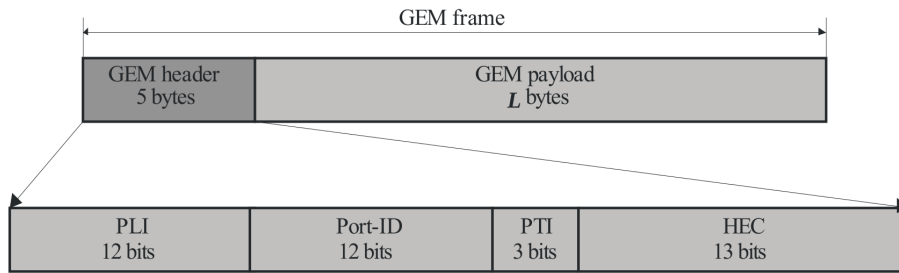
G.984.3(14)\_F8-7

FONTE: ITU-T (2014)

Voltando a Figura 4, a parte do quadro denominada *GTC Payload* é demonstrada a seguir. No *payload* estão as GEMs. Para cada GEM que a ONU possui, são definidos os campos de cabeçalho e de dados. A Figura 6 mostra os detalhes, de modo que os campos são especificados da seguinte forma:

- **Payload Length Indicator (PLI)** [12 bits]: indica o tamanho do *payload*, que servirá de delimitação para encontrar o início do próximo cabeçalho *GEM Header*. Com 12 bits é possível que o tamanho do *payload* seja de, no máximo, 4095 bytes. Portanto, caso os dados a serem transmitidos ultrapassem os 4095 bytes, o quadro deverá ser dividido em mais de uma transmissão.

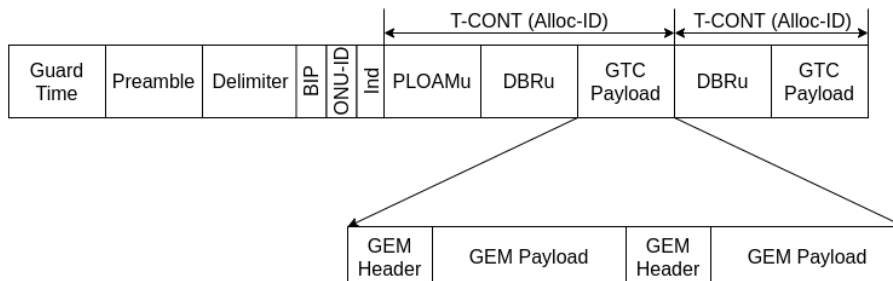
Figura 6 – Quadro GEM



FONTE: ITU-T (2014)

- Port-ID [12 bits]: é o identificador da *GEM*, podendo variar de 0 a 4095.
- *Payload Type Indicator (PTI)* [3 bits]: é utilizado para indicar o tipo de conteúdo do *payload*, que pode ser um dado de rede do usuário, ou algum dado de procedimento *OAM*, por exemplo.
- *Header Error Control (HEC)* [13 bits]: utilizado para cálculo de códigos corretores de erro.

No sentido *upstream* cada *ONU* envia os quadros de acordo com o que é mostrado na Figura 7. Na imagem é possível verificar o exemplo da divisão de contêineres de transmissão, em que uma *ONU* pode possuir vários *T-CONTs*, que por sua vez podem encapsular várias *GEMs*. Os detalhes da transmissão em *upstream* não serão explanados neste trabalho, tendo em vista o objetivo de capturar somente pacotes em *downstream*.

Figura 7 – Quadro *Upstream*

FONTE: Adaptado de ITU-T (2014)

O estabelecimento da comunicação nos dois sentidos permite a realização de procedimentos de operação, administração e manutenção (*OAM*) numa rede *GPON*. Estes procedimentos podem ser realizados através de três métodos. O primeiro deles, o método *Embedded OAM* é realizado através de campos nos quadros *downstream* e *upstream* que levam informações de tempo real, como monitoramento de *Bit Error Ratio (BER)*, por exemplo. Já os métodos *PLOAM* e *OMCI* utilizam um canal bidirecional (*upstream* e *downstream*) que permite a troca de mensagens entre *OLT* e *ONU* (ITU-T, 2014). Esses métodos *OAM* são descritos na subseção a seguir.

### 2.2.2 PLOAM

O método *PLOAM* é descrito ainda na ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014), pois as operações *OAM* realizadas através deste recurso possuem características de camada física. Através desse método são realizadas operações de ativação de uma *ONU*, estabelecimento do canal *Optical network termination Management and Control Channel (OMCC)*, configurações de criptografia entre *OLT* e *ONU*, chave de gerenciamento e sinalização de alarmes. Para este recurso são reservados 13 *bytes* nos cabeçalhos

*downstream* (PLOAMd), conforme mostrado na Figura 4, e *upstream* (PLOAMu), conforme mostrado na Figura 7. Esses 13 bytes são divididos conforme apresenta a Figura 8. A especificação de cada campo do quadro é descrita a seguir.

Figura 8 – Quadro PLOAM

ONU-ID 1 byte	Message-ID 1 byte	Data 10 bytes	CRC 1 byte
------------------	----------------------	------------------	---------------

FONTE: Elaborada pelo autor.

- **Optical Network Unit Identifier (ONU-ID) [1 byte]:** indica o ID da ONU a qual a mensagem está endereçada. Este ID é atribuído durante o processo de *ranging*, realizado na ativação de uma ONU, e pode variar de 0 a 253. O valor 255 (0xFF) é utilizado para as mensagens em *broadcast*;
- **Message-ID [1 byte]:** indica o tipo da mensagem para que a interpretação do campo *Data* seja realizada de forma correta. A especificação 01/2014 da ITU-T G.984.3 descreve 18 tipos de mensagens no sentido *downstream* e 9 no sentido *upstream*;
- **Data [10 bytes]:** contém os dados da mensagem formatados de acordo com a especificação;
- **Cyclic Redundancy Check (CRC) [1 byte]:** contém o valor de CRC para detecção de erros.

### 2.2.3 OMCI

O padrão *Optical network termination Management and Control Interface (OMCI)*, definido através da ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2008b), especifica um modo de gerenciamento de configurações, falhas e performance nas ONTs de uma rede GPON. Este protocolo é definido com o intuito de possibilitar a interoperabilidade entre diferentes fabricantes de dispositivos. Para realizar este gerenciamento, o protocolo OMCI utiliza o conceito de mestre e escravo, no qual a OLT assume o papel de mestre, aplicando configurações e efetuando o gerenciamento das ONTs, que assumem o papel de escravo. Dentre os recursos de gerenciamento do protocolo OMCI é possível citar:

- **Gerenciamento de configurações:** permite à OLT exercer funções de controle sobre as configurações da ONT (*GET* e *SET*), das quais é possível citar: configuração das interfaces *User-Network Interface (UNI)*, configuração de GEMs, configuração de serviços, entre outros.
- **Gerenciamento de falhas:** possibilita o envio de notificações de falhas a partir da ONT, indicando à OLT sobre alguma anormalidade em seu funcionamento.
- **Gerenciamento de performance:** permite que a OLT realize o monitoramento da performance da ONT através de mensagens controle.
- **Gerenciamento de segurança:** permite que a OLT habilite ou desabilite a encriptação dos dados transmitidos.

Para que seja possível realizar as operações de gerenciamento do protocolo OMCI, a OLT cria um canal denominado *Optical network termination Management and Control Channel (OMCC)* com a ONT. A definição deste canal é realizada através de mensagens PLOAM, conforme descrito na subseção 2.2.2, em que a OLT determina uma GEM que será utilizada como canal OMCC. Com o canal de gerenciamento definido, as mensagens OMCI seguem o formato exibido na Figura 9.

Figura 9 – Quadro OMCI

GEM header (5 bytes)	Transaction correlation identifier (2 bytes)	Message type (1 byte)	Device identifier (1 byte)	Message identifier (4 bytes)	Message contents (32 bytes)	OMCI trailer (8 bytes)
-------------------------	---	--------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	---------------------------

FONTE: ITU-T (2014)

O campo *GEM Header* denominado no quadro *OMCI* segue a especificação já descrita na subseção 2.2.1 (Figura 6), carregando o valor da *GEM* do canal de gerenciamento *OMCC*. Os demais campos possuem as seguintes descrições:

- **Transaction correlation identifier [2 bytes]:** é o identificador da transação, utilizado para associar uma mensagem com sua resposta;
- **Message type [1 byte]:** este campo possui as seguintes subdivisões:
  - Bit 8 - *Destination Bit* (DB): de acordo com a ITU-T G.984.4, no *OMCI* este campo é sempre setado como 0
  - Bit 7 - *Acknowledge Request* (AR): indica se a mensagem em questão deve ou não ter uma confirmação (ACK)
  - Bit 6 - *Acknowledgement* (AK): indica se a mensagem em questão é uma confirmação de outra mensagem
  - Bits 5 a 1 - *Message Type* (MT): esses bits indicam o tipo da mensagem. Alguns exemplos são: *Create* (4), *Delete* (6), *Set* (8), *Get* (9), *Alarm* (16), entre outros. O tipo da mensagem indica como o campo *Message contents* deve ser interpretado. Cada um dos tipos e suas especificações estão definidos na recomendação ITU-T G.984.4.
- **Device identifier [1 byte]:** conforme especificação ITU-T G.984.4, este campo possui o valor fixo de *0x0A*.
- **Message identifier [4 bytes]:** os dois primeiros *bytes* deste campo são utilizados para indicar a entidade gerenciada (*ME*) e os dois últimos são utilizados para indicar a instância da entidade gerenciada.
- **Message contents [32 bytes]:** este campo possui o conteúdo em si da mensagem *OMCI*, ou seja, é nele que serão informados os parâmetros de gerenciamento da *ONT*.
- **OMCI trailer [8 bytes]:** no *OMCI*, os dois primeiros *bytes* desse campo é setado como *0x0000* e ignorado pelo receptor. Os próximos dois *bytes* são setados com o valor *0x0028*. Por fim, os últimos quatro *bytes* correspondem ao CRC definido na norma ITU-T I.363.5 (ITU-T, 1996)

Para realizar as operações de gerenciamento, o protocolo *OMCI* define as *Managed Entities* (*MEs*), ou entidades gerenciadas. Essas entidades funcionam como *MIBs*, que têm o objetivo de representar recursos e serviços presentes na *ONT*. É através delas que a *OLT* faz o gerenciamento das funcionalidades disponíveis na *ONT*. Cada *ME* pode possuir até 36 *bytes*, onde estão inclusos os campos *message identifier* e *message contents*, descritos anteriormente (Figura 9). Para realizar a interpretação dos valores descritos em uma entidade gerenciada é preciso recorrer a norma ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2008b), que define atualmente 312 *ME* (versão 02/2008), com seus respectivos campos e valores esperados. O campo *message identifier*, descrito anteriormente, utiliza 2 *bytes* para identificação da *ME*. Isso significa que os valores podem variar de 1 a 65535, ou seja, o protocolo *OMCI* já prevê expansão para até 65535 *MEs*. Desta

forma, da faixa que ainda não está em uso, os valores 313 a 65279 são reservados para padronização futura e os valores de 65280 até 65535 (256 possibilidades) são para uso livre, ou seja, abertas para utilização e definição de cada fabricante.

A título de exemplo, uma das **MEs** definidas na ITU-T G.984.4 é a *IP host config data*. Esta **ME** possui a identificação 134 e através dela são configurados alguns parâmetros de **IP** na **ONT**. A **Tabela 2** mostra o que é definido na norma para esta **ME**.

Tabela 2 – Exemplo - **ME** *IP host config data* (134)

Parâmetro	Valor
Managed entity id	Identificador da instância da entidade gerenciada. (R) (obrigatório) (2 bytes)
IP options	Máscara de bits que habilita ou desabilita configurações IP como <b>DHCP</b> e resposta a ping e <i>traceroute</i> . (R,W) (obrigatório) (1 byte)
MAC address	Indica o endereço MAC. (R) (obrigatório) (6 bytes)
<b>ONT</b> identifier	Uma <i>string</i> identificadora única para a <b>ONT</b> , cujo valor padrão é nulo. (R,W) (obrigatório) (25 bytes)
<b>IP</b> address	indica o endereço <b>IP</b> . Possui o valor 0 como padrão e, se informado, sobrescreve a configuração de <b>DHCP</b> . (R,W) (obrigatório) (4 bytes)
Mask	Máscara de subrede. Possui o valor 0 como padrão e, se informado, sobrescreve a configuração de <b>DHCP</b> . (R,W) (obrigatório) (4 bytes)
Gateway	<i>Gateway</i> padrão. Possui o valor 0 como padrão e, se informado, sobrescreve a configuração de <b>DHCP</b> . (R,W) (obrigatório) (4 bytes)
Primary <b>DNS</b>	<b>DNS</b> primário. Possui o valor 0 como padrão e, se informado, sobrescreve a configuração de <b>DHCP</b> . (R,W) (obrigatório) (4 bytes)
Seconday <b>DNS</b>	<b>DNS</b> primário. Possui o valor 0 como padrão e, se informado, sobrescreve a configuração de <b>DHCP</b> . (R,W) (obrigatório) (4 bytes)
Current address	Endereço <b>IP</b> atual. (R) (opcional) (4 bytes)
Current mask	Máscara de subrede atual. (R) (opcional) (4 bytes)
Current gateway	<i>Gateway</i> padrão atual. (R) (opcional) (4 bytes)
Current primary <b>DNS</b>	<b>DNS</b> primário atual. (R) (opcional) (4 bytes)
Current seconday <b>DNS</b>	<b>DNS</b> secundário atual. (R) (opcional) (4 bytes)
Domain name	Indica o nome de domínio fornecido pelo <b>DHCP</b> . Assume o valor nulo (25 bytes nulos) caso o servidor <b>DHCP</b> não tenha fornecido um nome de domínio. (R) (obrigatório) (25 bytes)
Host name	Indica o nome do <i>host</i> fornecido pelo <b>DHCP</b> . Assume o valor nulo (25 bytes nulos) caso o servidor <b>DHCP</b> não tenha fornecido um nome de domínio. (R) (obrigatório) (25 bytes)

Fonte – ITU-T (2008b)

Nota – As letras R e W mostradas na tabela indicam a permissão de leitura (R) e escrita (W).

O exemplo da **ME** *IP host config data* mostra alguns parâmetros de camada três que podem ser configurados via **OMCI**. Esta **ME** permite operações de *GET*, *SET* e *Test*, que deverá ser especificado no campo *Message type*, conforme mostrado na **Figura 9**. A partir da **Tabela 2** é possível observar que a somatória de *bytes* desta **ME** ultrapassa o estipulado no quadro **OMCI**. Isso acontece pois alguns tipos de mensagens **OMCI**, como *GET* e *SET*, possuem uma máscara de atributos (*attribute mask*) que é encaminhada nos primeiros 2 *bytes* do campo *message contents* do quadro **OMCI**. A partir dessa máscara, o receptor identifica quais atributos estão sendo passados na mensagem para interpretá-los de maneira correta. Com isso, caso a **OLT** queira configurar todos os parâmetros da entidade *IP host config data*, ela deverá encaminhar mais de uma mensagem com esta **ME**, variando a máscara de atributos e encaminhando apenas alguns campos por vês, de modo que não ultrapasse a quantidade de *bytes* especificada no quadro **OMCI**.

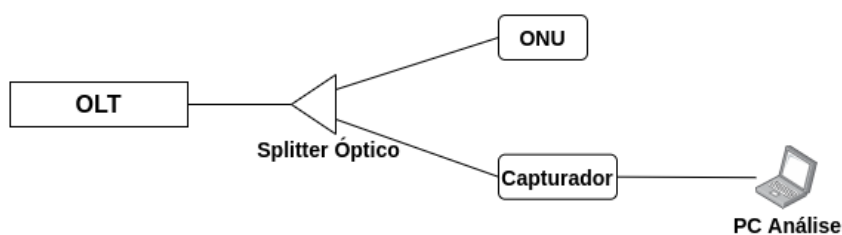
Nas *managed entities* definidas na padronização da ITU-T estão previstas funcionalidades de gerenciamento para recursos de rede de camada dois e três, além de outros serviços que a ONT pode ter. A norma define três níveis para utilização das MEs. Como primeiro nível é especificado o *requirement*, que indica que a ME em questão é necessária para a compatibilização mínima da operação. Em segundo nível, classificadas como *conditional requirements*, estão as MEs que só são necessárias caso alguma função opcional seja utilizada. Em terceiro nível, as MEs com classificação *option* são aquelas que não são requeridas para a compatibilização mínima operacional (ITU-T, 2008b).

Além das especificações de níveis entre as entidades gerenciadas, dentro de cada ME, um campo pode ser definido como obrigatório ou opcional, conforme visto no exemplo da Tabela 2 (ITU-T, 2008b). A alternância destes campos varia a interpretação realizada pelo receptor, podendo fazer com que a ONT entre num estado inválido caso algum atributo obrigatório não seja informado, por exemplo. Além disso, existem campos que possuem valores pré-definidos e que devem ser respeitados para o correto funcionamento do gerenciamento proporcionado pelo OMCI. A não conformidade de um fabricante com os atributos especificados pela norma podem ocasionar mal funcionamento ou até incompatibilidades entre diferentes marcas, gerando restrições de uso para o cliente GPON.

### 3 PROPOSTA

Este trabalho propoe o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de capturar e analisar pacotes OMCI que trafegam em uma rede GPON. Esta ferramenta consiste em dois terminais, um capturador e um *software* analisador, que será executado em um *Personal Computer* (PC), conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Cenário de captura da ferramenta



FONTE: Elaborada pelo autor.

O desenvolvimento do projeto foi dividido em quatro principais etapas. A primeira etapa, descrita na seção 3.1, consistirá em desenvolver o capturador. A segunda e terceira etapas se basearão no desenvolvimento do *software* que fará a análise dos pacotes capturados e estão descritas na seção 3.2 e na seção 3.3. Por fim, serão realizados os testes e as verificações de resultados, conforme descrito na seção 3.4.

#### 3.1 Captura de pacotes na ONU

Para realizar a captura dos pacotes OMCI, será utilizada uma ONU do fabricante Intelbras, modelo 110, mostrada na Figura 11. Conforme descrito no Capítulo 2, esse equipamento funciona como escravo da OLT e está localizado mais na borda da rede, com intuito de fornecer o acesso ao usuário final. O modelo 110 foi o escolhido pois ele foi desenvolvido internamente na Intelbras, ou seja, a empresa detém o domínio sobre seu *firmware*, no qual serão realizadas as alterações propostas neste projeto.

Figura 11 – ONU 110 - Utilizada como capturador



FONTE: (INTELBRAS, 2020)

Essa ONU possui uma interface com a rede PON e uma interface do tipo Ethernet, que faz a

conexão com a rede do assinante. Para executar a captura, o *firmware* da ONU será modificado para que os pacotes OMCI, que não são entregues na porta *Ethernet*, passem a ser entregues entregues nesta interface.

A ONU foi desenvolvida com o chipset MC-88F6601 do fabricante Marvell, que utiliza a arquitetura ARM. A *Software Development Kit (SDK)* fornecida pela Marvell utiliza linguagem de programação C e é baseada no sistema Linux. Nesta primeira fase do projeto, pretende-se interceptar os pacotes OMCI com o intuito de bloquear as configurações que seriam feitas pelo protocolo na ONU. A partir daí, os pacotes serão modificados. Será inserido um cabeçalho *ethernet*, com o intuito de que os quadros sejam encaminhados à interface de rede. Também é objetivo desta etapa permitir que o usuário da ferramenta configure qual ONU ele deseja monitorar. Essa configuração se baseará no número de série da ONU a ser monitorada e no *vendor ID*, que é uma identificação de quatro letras que indica o fabricante do equipamento. Por exemplo, o *vendor ID* da Intelbras é ITBS. No fim desta etapa, será disponibilizado um *firmware* com essas modificações.

Cabe ressaltar aqui que a ONU será capaz de monitorar qualquer outra ONU que esteja conectada à rede óptica, porém somente uma de cada vez. Ou seja, o usuário da ferramenta só poderá monitorar uma ONU da rede. Além disso, somente pacotes no sentido *downstream*, ou seja, da OLT para a ONU, serão capturados.

### 3.2 Análise das instâncias OMCI

O protocolo OMCI é definido através das *Managed Entities (MEs)*, que se interligam através de instâncias, que funcionam como ponteiros, para prover o gerenciamento da ONU. Cada pacote OMCI enviado pela OLT possui uma única ME, que pode apontar ou ser apontada por outra ME. Essa outra ME pode ter chegado, ou irá chegar, num outro pacote. Nesta etapa, será desenvolvido um *software* que fará essa análise. Ele se encarregará de identificar e exibir as ligações existentes na captura, indicando ao analista como foram organizadas as mensagens enviadas pela OLT. Este *software* irá rodar no PC, conforme demonstrado na Figura 10.

O *software* será desenvolvido para ser executado em sistemas Linux, que é o sistema normalmente utilizado por desenvolvedores de sistemas embarcados, como OLT e ONU, por exemplo. Inicialmente será desenvolvido um módulo capturador, que será responsável por capturar os pacotes recebidos na interface de rede do PC, por onde virão os pacotes da ONU. Em seguida, será preparado um banco de dados de MEs que deverá conter todas as MEs descritas na norma ITU-T G.984.4, indicando os campos que podem ser utilizados como ponteiros, bem como sua obrigatoriedade e tamanho. Com os pacotes capturados e as informações das MEs, será desenvolvida a lógica responsável por identificar e exibir as ligações OMCI, de acordo com o que foi enviado pela OLT. A captura de pacotes realizada pelo *software* será em tempo real. Entretanto, é a análise das ligações OMCI somente poderá ser realizada com a captura fechada, já que é necessário que seja recebido um fluxo de pacotes da OLT para que sejam identificadas todas as ligações.

### 3.3 Verificação das MEs

De acordo com a ITU-T G.984.4, as MEs disponíveis no OMCI possuem campos obrigatórios e não obrigatórios. Além disso, esses campos possuem tamanhos pré-determinados, que devem ser respeitados. Com isso, ao receber os pacotes com as MEs, a ONU conseguirá interpretar corretamente a informação que foi enviada pela OLT. Nesta etapa, o *software* que foi iniciado na fase anterior será incrementado. Será incluída a análise para checar se os campos obrigatórios das MEs foram todos enviados e se os tamanhos seguem o que está definido na padronização.







## REFERÊNCIAS

- ABRANET. *Empresas de Internet somam 2,44 milhões de assinantes e chegam a 30% de market share*. 2019. Disponível em: <<http://www.abranet.org.br/Noticias/Empresas-de-Internet-somam-2%2C44-milhoes-de-assinantes-e-chegam-a-30%25-de-market-share-2620.html>>. Acesso em: 21 abr 2020. Citado na página 15.
- ABRANET. *Fibra ótica supera acessos x.DSL e assume ponta na banda larga fixa*. 2020. Disponível em: <<http://www.abranet.org.br/Noticias/Fibra-otica-supera-acessos-x.DSL-e-assume-ponta-na-banda-larga-fixa-2781.html?UserActiveTemplate=site#.XqIwtcZKhNw>>. Acesso em: 21 abr 2020. Citado na página 15.
- ANATEL. *Anatel divulga relatório sobre o mercado de banda larga brasileiro*. 2019. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/institucional/noticias-destaque/2230-anatel-divulga-relatorio-sobre-o-mercado-de-banda-larga-brasileiro>>. Acesso em: 21 abr 2020. Citado na página 15.
- CEDRIC, L. *Passive optical networks: principles and practice*. [S.l.: s.n.], 2007. Citado 4 vezes nas páginas 17, 18, 19 e 20.
- INTELBRAS. *ONU 110*. 2020. Disponível em: <<https://www.intelbras.com/pt-br/1-porta-gigabit-ethernet-onu-110>>. Acesso em: 24 jun 2020. Citado na página 29.
- ITU-T, I. recommendation i. 363.5. *B-ISDN ATM adaptation layer (AAL) specification type*, v. 5, 1996. Citado na página 26.
- ITU-T, R. I.432.1. *B-ISDN user-network interface – Physical layer specification: General characteristics*, Feb, 1999. Citado na página 23.
- ITU-T, R. G.984.2. *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): physical media dependent (PMD) layer specification*, Mar, 2003. Citado na página 20.
- ITU-T, R. G.984.1. *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics*, Mar, 2008. Citado na página 21.
- ITU-T, R. G.984.4. *Gigabit-Capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT Management and Control Interface Specification*, Feb, 2008. Citado 6 vezes nas páginas 21, 22, 25, 26, 27 e 28.
- ITU-T, R. G.984.3. *G. 984.3: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Transmission Convergence Layer Specification*, Jan, 2014. Citado 6 vezes nas páginas 20, 21, 22, 23, 24 e 26.
- KEISER, G. *FTTX concepts and applications*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2006. v. 91. Citado 3 vezes nas páginas 18, 19 e 20.
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. *Redes de computadores e internet: uma abordagem top-down. tradução Daniel Vieira; revisão técnica Wagner Luiz Zucchi*. [S.l.]: São Paulo. Pearson Addison Wesley, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.