



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS**

CAMPUS CMDI

**DIRETORIA PROF. MSC. NIVALDO RODRIGUES E SILVA
CURSO TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

MARLLON DA SILVA E SILVA

TRATAMENTO DE RUÍDO INGRESSANTE EM REDE HFC.

MANAUS - AM

2020

MARLLON DA SILVA E SILVA

TRATAMENTO DE RUÍDO INGRESSANTE EM REDE HFC.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal do Amazonas como requisito para obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. MSc. José Geraldo de Pontes e Souza

Manaus - AM

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586t Silva, Marllon da Silva e.

Tratamento de ruído ingressante em rede HFC. / Marllon da Silva e Silva. – Manaus, 2020.
49 f. : il.

Tratamento de ruído ingressante em rede HFC (Tecnologia em Sistema de Telecomunicações) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, 2020.

Orientador: Prof. MSc. José Geraldo de Pontes e Souza

1. HFC. 2. Ruído. 3. SNR. 4. Espectro de retorno. 5. Tratamento de ruído. I. Souza, José Geraldo de Pontes e (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.382

Elabora por Fc^a. Amélia Frota, registro n.858 (CRB11)

MARLLON DA SILVA E SILVA

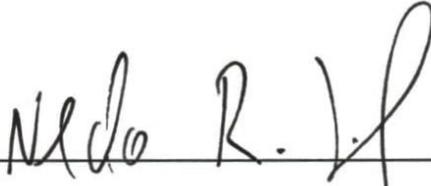
TRATAMENTO DE RUÍDO INGRESSANTE EM REDE HFC.

Monografia apresentada ao curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito parcial para obtenção do Título Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Aprovada em: 11 de fevereiro de 2020, por:

Orientador: 
José Geraldo de Pontes e Souza
Coordenador de Eletrônica
PORTARIA 386 GDC/CMD/INFAM 8/11/2018

Prof. MSc. José Geraldo de Pontes e Souza

1º Examinador: 

Prof. MSc. Nivaldo Rodrigues e Silva

2º Examinador: 

Prof. MSc. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro

RESUMO

Os avanços tecnológicos na rede de TV a cabo, permitem o alcance de maiores taxas de transferência, porém com um espectro limitado, é necessária uma otimização da rede, aumentando sua densidade, conseqüentemente diminuindo o espaço para ruídos. Entender a origem desse fenômeno é de suma importância, para se dar a abordagem mais adequada e também verificar o processo necessário para se manter um padrão de qualidade nos serviços. Para isso, será discutido, o que vem a ser uma rede HFC (Hybrid Fiber Coax), sua origem e disposição inicialmente, e depois do surgimento da rede híbrida, frisando a parte da rede coaxial, pois é a que mais sofre com os efeitos do ruído. Então serão citados os principais tipos de ruído, junto ao gráfico e suas características, para tal, foi realizado um estudo de campo, para entender como é aplicado o processo de tratamento do ruído na rede, sendo apresentado ao fim algumas práticas e resultados observados.

Palavras-chave: HFC. Ruído. SNR. Espectro de retorno. Tratamento de Ruído

ABSTRACT

Technological advances in the cable TV network, allow the achievement of higher transfer rates, however with a limited spectrum, it is necessary to optimize the network, increasing its density, consequently reducing the space for noise. Understand the origin of this phenomenon is of paramount significance, in order to give the most appropriate approach, and also ascertain the process necessary to maintain a quality standard in services. Therefore, the issue will be discussed, what comes to be an HFC network (Hybrid Fiber Coax), its origin and initial disposition and after the emerging of the hybrid network, emphasizing the part of the coaxial network, because it is the one that most wear out from the noise effects. Then, the main types of noise will be mentioned, along with the graph and its characteristics. For this purpose, a field research was fulfilled to understand how the process of treating noise in the network is applied, with some practices and results observed being presented at the end.

Keywords: HFC. Noise. SNR. Return spectrum. Noise Treatment

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Arquitetura de uma rede coaxial em árvore.....	13
Figura 2: Arquitetura da rede HFC atual.....	14
Figura 3: Demonstração do Efeito Skin.....	16
Figura 4: O espectro de frequência.....	17
Figura 5: Qualidade da imagem com MER e BER ruim.....	18
Figura 6: Constelação 64QAM com menor nível ruído.....	19
Figura 7: Constelação 64QAM com maior nível ruído.....	19
Figura 8: Ruído de rádio amador.....	23
Figura 9: Função análise de Hum do DSAM.....	24
Figura 10: Gráfico da resposta de um ruído CPD.....	24
Figura 11: Passivo de rede com oxidação.....	25
Figura 12: Característica de ruído impulsivo.....	25
Figura 13: Nagios – níveis de SNR e FEC.....	26
Figura 14: Gráfico das portados e piso ruído.....	27
Figura 15: DSAM.....	28
Figura 16: Resistência ao Ingresso.....	28
Figura 17: Função Field View do DSAM.....	29
Figura 18: Condição de descasamento de impedância.....	30
Figura 19: Ciclo de uma limpeza massiva de ruído.....	31
Figura 20: Ruído ingressante.....	32
Figura 21: Ruído ingressante com portadoras em destaque.....	32
Figura 22: Gráfico da Portadora em relação ao SNR.....	33
Figura 23: Portadora em relação ao SNR.....	33
Figura 24: Filtro passa-faixa.....	34
Figura 25: Adaptadores passivos.....	34
Figura 26: Antes e depois da higienização do TAP.....	35
Figura 27: Antes e depois da higienização do TAP e isolamento de conexão.....	35
Figura 28: Volume de cabos coletados depois da higienização do Node.....	36
Figura 29: Gráfico do Node ruidoso no Nagios.....	36
Figura 30: Gráfico do Node tratado no Nagios.....	37
Figura 31 Gráfico DSAM Porta D do Node MA225 com ruído.....	38
Figura 32: Medição no divisor anterior ao Amplificador.....	39
Figura 33: Gráfico divisor anterior ao Amplificador.....	39

Figura 34: Medição no Reverso do Amplificador.....	40
Figura 35: Gráfico Reverso do Amplificador.....	40
Figura 36: Medição no TAP com conector KS.....	41
Figura 37: Gráfico do ruído no TAP.....	41
Figura 38: Filtrado cabo ruidoso.....	41
Figura 39: Gráfico do TAP após ofensor filtrado.....	42
Figura 40: Gráfico do Node MA225 no Nagios.....	42
Figura 41: Gráfico de ruído por conexão queimada.....	43
Figura 42: Conexão queimada.....	43
Figura 43: Medição com do sinal com ruído.....	44
Figura 44: Medição do sinal após tratamento.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Taxa de BER	18
Tabela 2: Relação sinal/ruído.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	<i>Alternate Current</i>	(Corrente Alternada)
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações	
BER	<i>Bit Error Rate</i>	(Taxa de Erro por Bit)
CM	Cable modem	(<i>Modem a cabo</i>)
CMTS	Cable modem termination system (Sistema de terminação de modem a cabo)	
CPD	<i>Common Path Distortion</i>	(Distorção de Caminho Comum)
DSAM	<i>Digital Service Activation Meter</i>	(Medidor de Serviços Digitais)
FEC	<i>Forward Error Correction</i>	(Correção de Erro de Encaminhamento)
HFC	<i>Hybrid Fiber Coax</i>	(Híbrido Fibra Coaxial)
MER	<i>Modulation Error Ratio</i>	(Relação do Erro de Modulação)
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i> (Grupo de Especialistas de Imagens em Movimento)	
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (Modulação de amplitude em quadratura)	
RF	Rádio Frequência	
SNR	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>	(Relação Sinal-Ruído)
TAP	Tomada Passiva	
VBC	<i>Voltage Block</i>	(Bloqueador de Tensão)

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	MOTIVAÇÃO	11
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	HISTÓRICO DA TV A CABO	12
2.2	ARQUITETURA DA REDE	13
2.2.1	REDE ÓPTICA	15
2.2.2	REDE COAXIAL	15
2.3	O ESPECTRO DE FREQUÊNCIA	17
2.4	PARÂMETROS DE PERFORMANCE	17
2.4.1	BER e MER	17
2.5	RELAÇÃO SINAL / RUÍDO	20
3.	TIPOS DE RUÍDO DA REDE COAXIAL	21
3.1	CABOS COAXIAIS DANIFICADOS	21
3.2	RUÍDO PREVENIENTE DA REDE INTERNA	22
3.3	INTERFERÊNCIA POR RÁDIO AMADOR	22
3.4	DEGRADAÇÃO POR <i>HUM</i>	23
3.5	DEGRADAÇÃO POR COMMON PATH DISTORTION	24
3.6	SPIKES	25
4.	MANUTENÇÃO PREVENTIVA, CORRETIVA E SUAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS	26
4.1	FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO E ANÁLISE	26
4.1.1	NAGIOS	26
4.1.2	ANALISADOR DE ESPECTRO	27

4.1.3	INSTRUMENTO <i>DSAM</i>	27
4.2	TRATAMENTO PREVENTIVO.....	29
4.2.1	VAZAMENTO (<i>LEAKEGE</i>).....	29
4.2.2	LIMPEZA MASSIVA DO CANAL DE RETORNO.....	30
4.3	IDENTIFICANDO O RUÍDO INGRESSANTE.....	31
4.3.1	CALCULANDO O SNR DO PONTO ANALISADO:.....	33
4.3.2	HIGIENIZAÇÃO DE NODE.....	35
4.4	TRATAMENTO CORRETIVO.....	37
4.4.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	37
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias seguem uma constante de atualizações para entregar em tempo real uma maior complexidade de conteúdo, portanto necessitam de meios de transmissão mais rápidos, e confiáveis. As empresas prestadoras precisam lidar com os avanços tecnológicos, exigência cada vez maior de tráfego, em uma rede já implantada, e uma falha na transmissão pode afetar o cotidiano dos clientes exigentes e conseqüentemente as receitas da empresa. Em uma Rede *HFC (Hybrid Fiber Coax)* já pensada na junção de uma tecnologia antiga, a uma nova, buscando o melhor custo benefício, estar sujeito a falhas nas transmissões, que podem ser provenientes de problemas ocorridos na infraestrutura e o ingresso de ruído. O espectro de retorno, geralmente é o mais afetado e responsável por ajudar em uma análise preliminar do problema em campo.

Alguns problemas que podem ocorrer na infraestrutura por fatores externos como raios, água, cabos danificados, e componentes passivos e ativos da rede. O ingresso de ruído causando uma degradação do sinal. São fatores determinantes para as empresas necessitarem de uma equipe técnica bem treinada e capacitada para uma correção eficiente.

Além da experiência e treinamento desse profissional, quais ferramentas ele utiliza para análise e tratativa?

Este trabalho busca trazer o histórico da TV a cabo, a infraestrutura básica, seu funcionamento e o tratamento prestado aos ruídos e interferências na rede.

Mostrar tipos mais comuns de ruídos encontrados nesse tipo de rede, como são feitas as tratativas preventivas e corretivas. Através do uso de equipamentos e sistemas computacionais focados na detecção de interferências na transmissão.

Baseado em literaturas que abordam a rede *HFC (Hybrid Fiber Coax)*. Manuais de equipamentos e apostilas de treinamento técnico de profissionais da área.

1.1 MOTIVAÇÃO

Com principal motivo de conhecer os processos necessários para se ter uma qualidade nos serviços de TV a cabo e entender as causas dos problemas mais comuns de lentidão na navegação na Internet e falhas nas imagens, além da aplicabilidade de conhecimentos adquiridos no decorrer do curso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

- Apresentar conceitos sobre os ruídos mais comuns na transmissão de sinais por cabo coaxial, de que forma afetam a qualidade dos serviços, e como é feita a identificação por um técnico de campo e o processo para o tratamento desse ruído.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Abordar o surgimento da TV a cabo e os meios de transmissão da rede HFC.
- Comparar a evolução tecnológica da arquitetura HFC.
- Listar os principais tipos de ruídos encontrados no espectro de retorno e as relações quantitativas de falhas.
- Analisar os principais problemas que permitem o ingresso de ruído na rede.
- Descrever processo e as ferramentas utilizadas para identificar o ruído.
- Apresentar estudos de casos, de tratamento do ruído, executados por técnicos de campo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO DA TV A CABO

A televisão a cabo iniciou nos Estados Unidos, nos estados de Arkansas, Oregon e Pensilvânia em 1948 para a recepção ruim de sinais de televisão no ar em áreas montanhosas ou geograficamente remotas. “Antenas comunitárias” foram erguidas nos pontos altos, e as casas foram conectadas às torres de antena para receber os sinais de transmissão.

No final da década de 1950, as grandes operadoras de cabo começaram se utilizar de sua capacidade de captar e transmitir sinais a vários quilômetros de distância, e passaram a fornecer novas opções de programação.

Em 1962, eram quase 800 operadoras de cabo que atendiam mais de 850.000 assinantes.

Esse crescimento foi visto como uma competição pelas estações de televisão locais. Respondendo ao medo dessa competitividade do setor de transmissão, a *Federal Communications Commission* (FCC) expandiu sua jurisdição e impôs restrições à capacidade das grandes operadoras de cabo de receber sinais de televisão distantes. Como era de se esperar, essa intervenção estatal gerou um retrocesso, paralisando o desenvolvimento do setor, que foi até o início dos anos 70. (CCTA, 2019)

Os avanços tecnológicos de novos satélites, mais a diminuição da intervenção reguladora estatal, permitiram toda essa infraestrutura e diversificação de conteúdo e informação de qualidade que segue em constante avanço, assim no final da década, eram quase 53 milhões de assinantes.

Nos anos 80 surgiram no Brasil as primeiras transmissões de TV por Assinatura, realizadas pelos canais CNN e MTV. No final de 1989 o Governo incorporou oficialmente a TV a cabo.

Na década de 90 novas descobertas tecnológicas, agregaram à infraestrutura a banda larga, disponibilizando altas taxas de velocidade na Internet, além de outros serviços como telefonia no final da década.

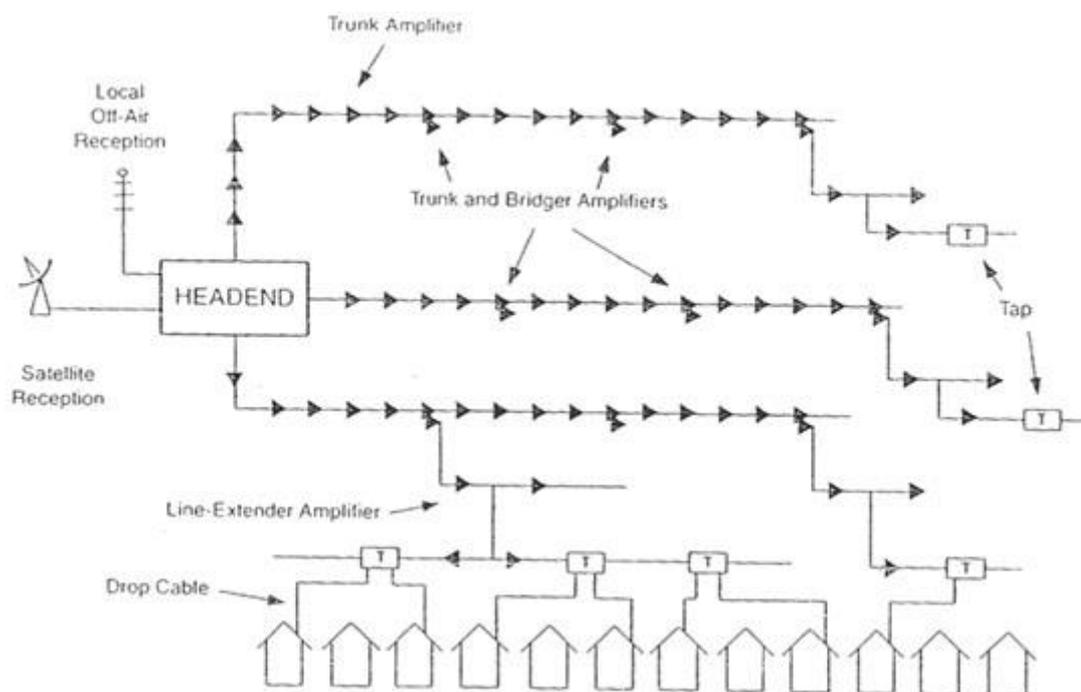
No início de 1995 assim que foi publicada a lei de TV a Cabo (nº 8.977), as autorizações para operar no país, passaram a ser através de concessões, novas licenças seriam concedidas apenas por licitação.

Em 16 de julho de 1997, a Lei 9.472 que ordena a organização e dos serviços de telecomunicações cria a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) para assumiu a função de órgão regulador de todos os serviços de telecomunicações no Brasil, assim como o serviço de TV por assinatura. (ABTA, 2012)

2.2 ARQUITETURA DA REDE

Iniciou com a arquitetura de árvore, com a qualidade do sinal dependendo da localização do cliente em relação ao *Headend* (ponto central da rede para coleta e distribuição de sinal). Havia variações no nível do sinal no final da cascata devido à quantidade de dispositivos. Tanto amplificadores possibilitava diversos possíveis pontos de falha, além dos ruídos que poderiam ser amplificados com efeito acumulativo, tal rede tinha baixa capacidade de retorno e era inadequada para serviços bidirecionais. Figura a seguir demonstra esse modelo.

Figura 1: Arquitetura de uma rede coaxial em árvore



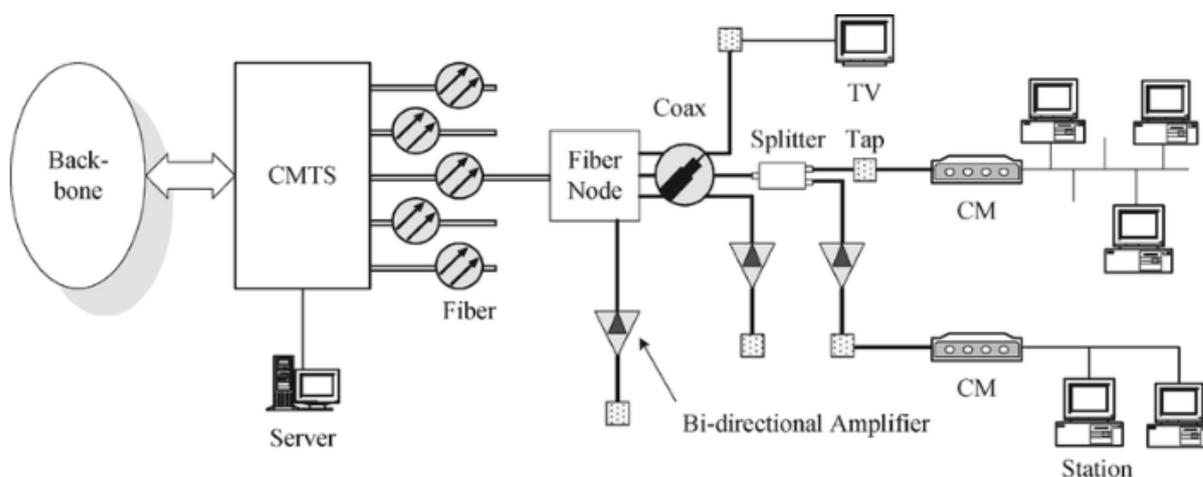
Fonte: Filippett, 2011

O próximo passo foi tornar a rede bidirecional, permitindo que o sinal trafegasse no sentido Cliente – *Headend*. Isso possibilitou a oferta de serviços de Banda Larga, Telefonia e Interatividade.

Sendo implantadas no início de 1990 as arquiteturas do tipo HFC são a combinação de fibra óptica e cabo coaxial, baseadas em uma estrutura celular em que os links de fibra óptica vinculam pequenos nodes.

Um avanço que permitia atualizações que pudessem acompanhar as demandas. Como a substituição de partes da linha tronco por links de fibra óptica, e assim melhorando a confiabilidade e a qualidade do sinal, reduzindo as cascatas de amplificadores, além da implementação de sistemas redundantes e expansão da largura de banda substituindo troncos por equipamento de maior ganho.

Figura 2: Arquitetura da rede HFC atual



Fonte: LEE, 2019

A rede de fibra óptica parte do *headend* até o ponto predefinido de um bairro a um nó de fibra óptica que atende de 25 a 2000 residências. Um *headend* geralmente possui antenas parabólicas para recepção de sinais de vídeo retransmitidos por satélites, roteadores agregadores de IP, equipamentos de telefonia para fornecer serviços de telecomunicações. O sinal é modulado e convertido em portadoras de RF, combinadas em um único sinal elétrico e inseridas em um transmissor óptico de banda larga. Este transmissor óptico converte o sinal elétrico em um sinal modulado

ópticamente e é enviado aos nodes. Essa conexão entre o *headend* e o node pode ser ponto-a-ponto, estrela ou anel.

O Node possui um receptor óptico de banda larga que converte o sinal modulado opticamente em um sinal elétrico que vai para as residências. (Multicom, 2014)

2.2.1 REDE ÓPTICA

A rede óptica permite grande flexibilidade. Pode-se utilizar a multiplexação por divisão de comprimento de onda para combinar vários sinais ópticos na mesma fibra. Por exemplo, o sinal pode ser enviado em um comprimento de onda de 1550nm e o sinal de retorno em um comprimento de onda em 1310nm.

Possibilitou transmitir a grandes distâncias, sem as mesmas perdas de sinal do cabo coaxial, o que eliminou a necessidade de tantos amplificadores. Nos primeiros sistemas HFC, a quantidade de amplificadores na infraestrutura até o cliente foi reduzida de 30 ou 40 para cerca de seis, o que trouxe melhorias drásticas na qualidade do sinal e na confiabilidade do sistema.

Com alta capacidade de tráfego da fibra óptica, tornou-se possível segmentar bairros individuais, e atender uma quantidade bem maior de clientes. Na década de 90, os provedores de cabo descobriram que esse mesmo agrupamento de bairro é ideal para criar uma rede local e fornecer acesso à Internet através de modems a cabo.

2.2.2 REDE COAXIAL

O cabo coaxial foi criado na década de 20 por Lloyd Espenschied e Herman Affel nos laboratórios da AT&T e constitui-se de um núcleo condutor interno revestido de cobre, contornado por um isolador revestido por outra camada condutora, formada por alumínio trançado ou sólido que também recebe um revestimento isolador. O nome "coaxial" se origina devido a ambos os condutores compartilham um único eixo.

Esse tipo de cabo não sofre interferência de outros campos eletromagnéticos, nem interfere com eles, pois o sinal que trafega no cabo é restringido pelo campo

eletromagnético entre as camadas condutoras interna e externa. (National Maglab, 2014)

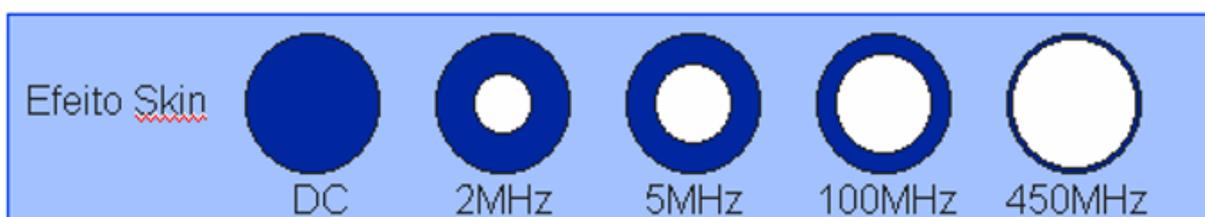
Como o cabo coaxial nas redes HFC permite muita largura de banda, é importante avaliar como o desempenho do cabo varia em todo o espectro. A perda ou atenuação do sinal no cabo coaxial é determinada pela: resistência, material dielétrico e radiação.

A resistência no cabo é expressa em maior atenuação por unidade de comprimento. A resistência depende dos tipos materiais utilizado na construção do cabo, na frequência do sinal, no diâmetro dos condutores e na temperatura ambiente.

As redes HFC utilizam cabos coaxiais rígidos que variam em diâmetro de 0,5 polegadas a mais de 1 polegada, dependendo das distâncias envolvidas, por exemplo cabos: .500 , .540, .715, .750, .860, com condutor central de alumínio revestido de cobre, e cabos flexíveis coaxiais com, diâmetros RG6 ou RG11, onde o condutor central é de aço revestido de cobre.

Devido ao efeito *Skin* ou Pelicular, a corrente do sinal tende um fenômeno elétrico, quanto maior a frequência, maior será atenuação de RF (rádio frequência), pois a corrente utiliza menos a área da seção transversal do condutor em frequências mais altas como demonstra a figura abaixo.

Figura 3: Demonstração do Efeito Skin



Fonte: Template treinamento Net, 2011

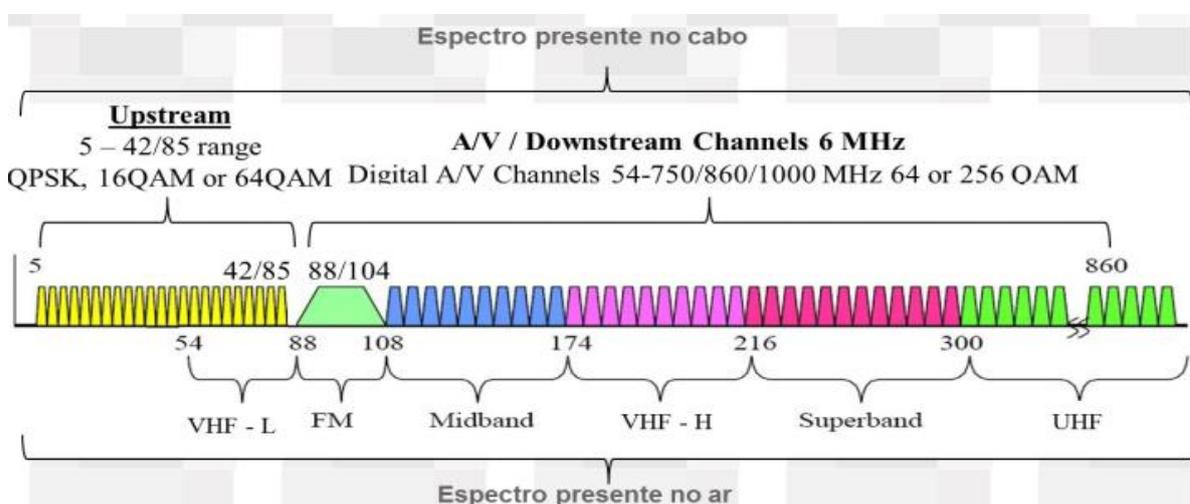
A temperatura também afeta a atenuação do cabo coaxial. A perda padrão do cabo coaxial varia em 1% por 10 F° ou 1% por 5,6 °C.

Pode amenizar a atenuação utilizando materiais dielétricos com propriedades isolantes melhores, pois mesmo tendo como função apenas manter o espaçamento entre o condutor central e a blindagem, por não ser um isolante perfeito, ocorre dissipação de uma pequena quantidade de sinal. Geralmente utiliza-se espuma de polietileno. (STROMBERG, 1998)

2.3 O ESPECTRO DE FREQUÊNCIA

Em 1989, a *General Instruments* provou ser possível converter um sinal de cabo analógico em digital e transmiti-lo em uma largura de banda de 6MHz padrão de um canal de televisão. Utilizando a compressão MPEG, os sistemas de TV a cabo instalados hoje podem transmitir até 10 canais de vídeo na largura de banda de 6 MHz de um único canal analógico. Além disso, a tecnologia digital permite a correção de erros para garantir a qualidade do sinal recebido.

Figura 4: O espectro de frequência



Fonte: ETN, 2015

O espectro de frequência é fragmentado em *upstream* ou retorno (5 a 42MHz), de (54MHz a 550MHz) são transmitidos os canais de TV, de (550MHz a 1000MHz) são utilizados para downstream.

2.4 PARÂMETROS DE PERFORMANCE

2.4.1 BER e MER

São dois parâmetros geralmente utilizados para caracterização do sinal modulado digitalmente, ou seja, a taxa de erro de bits (BER – *Bit Error Rate*) e com a

relação do erro de modulação (MER – *Modulation Error Ratio*), são fatores diretamente relacionados com a qualidade da transmissão.

A taxa de erro de bits é definida como sendo a relação entre o número total de bits errados pelo número total de bits transmitidos. Se os bits estão sendo enviados e são recebidos no outro lado, haverá perdas nos bits que são indicados pelo BER. Por exemplo: Se 1.000.000 de bits foram transmitidos e 3 foram com erro, então: $BER = 3/1000000 = 0,000003 = 3 \times 10^{-6}$ ou $3.0E-6$

A degradação é visível a partir de $1.10E-6$ e a taxa ideal para um canal digital de televisão é na ordem de $1.10E-10$.

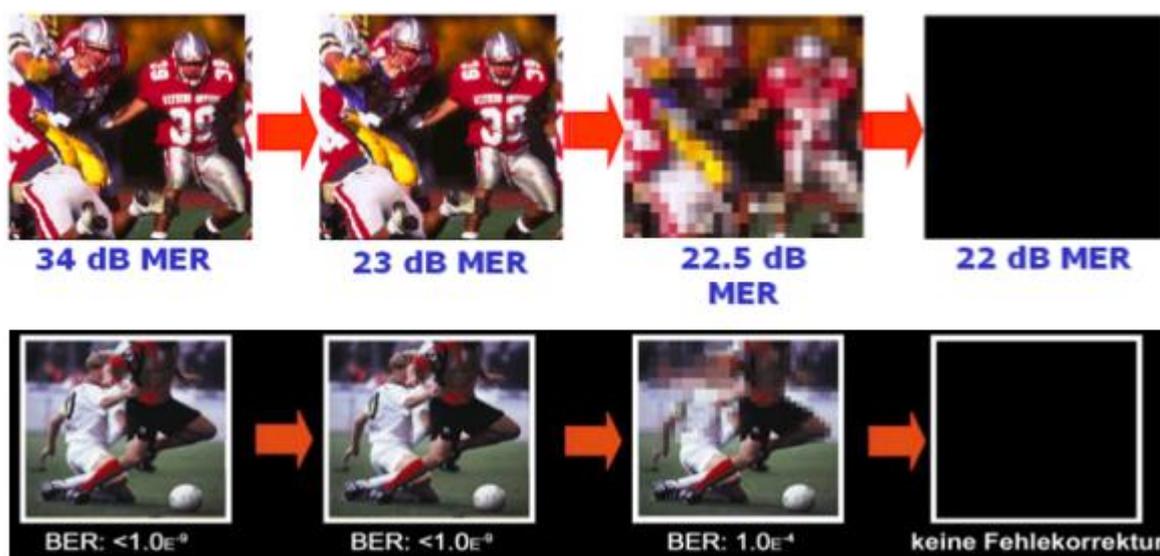
Tabela 1: Taxa de BER

Decimal	Notação Científica	Taxa de Erro
1	1,0E+00	1 bit errado a cada 1 bit
0,1	1,0E-01	1 bit errado a cada 10 bits
0,01	1,0E-02	1 bit errado a cada 100 bits
0,001	1,0E-03	1 bit errado a cada 1.000 bits
0,0001	1,0E-04	1 bit errado a cada 10.000 bits
0,00001	1,0E-05	1 bit errado a cada 100.000 bits
0,000001	1,0E-06	1 bit errado a cada 1.000.000 bits
0,0000001	1,0E-07	1 bit errado a cada 10.000.000 bits
0,00000001	1,0E-08	1 bit errado a cada 100.000.000 bits
0,000000001	1,0E-09	1 bit errado a cada 1.000.000.000 bits

BER Mínimo no Decoder / Cable Modem

Fonte: ETN, 2015

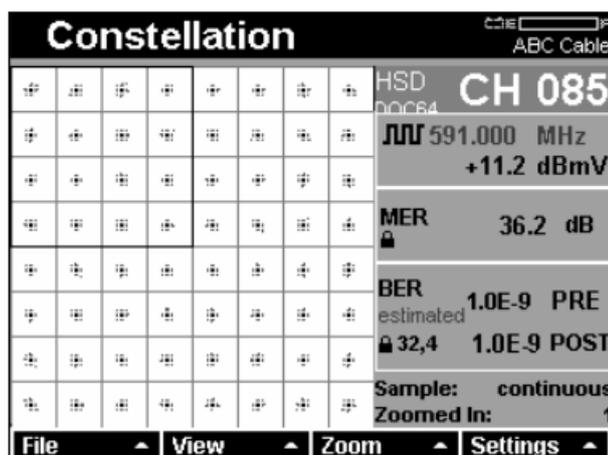
Figura 5: Qualidade da imagem com MER e BER ruim.



Fonte: ETN, 2015

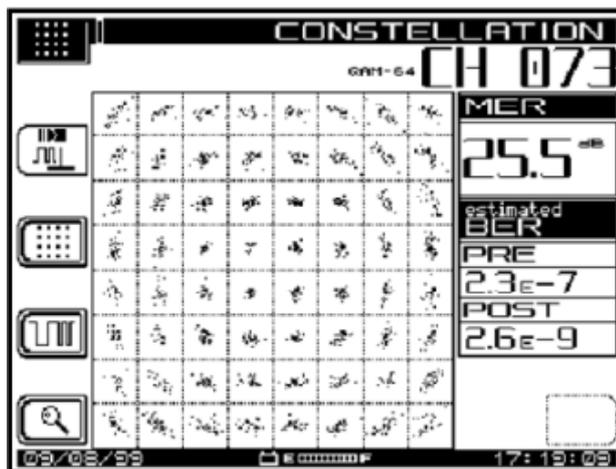
O MER é a diferença entre o vetor do símbolo transmitido e o vetor do símbolo de destino. Quanto mais ponto no centro do das fronteiras de decisão menor é ruído. O ruído espalha os pontos, podendo até ultrapassar os quadrantes gerando erros, como demonstrado nas figuras a seguir.

Figura 6: Constelação 64QAM com menor nível ruído.



Fonte: DATASHEET DSAM, 2015

Figura 7: Constelação 64QAM com maior nível ruído.



Fonte: DATASHEET DSAM, 2015

A Correção de erro por código (FEC – *Forward Error Correction*) é uma técnica de correção de bits, e ocorre quando há problemas na transmissão ou degradação do sinal, essa correção é feita através de bits de confirmação, onde é detectado se o bit

recebido é diferente do enviado. O resultado pode-se verificar no Pré – BER e Pós – BER.

2.5 RELAÇÃO SINAL / RUÍDO

A relação Sinal / Ruído (SNR – *Signal-to-Noise Ratio*) de um sinal digital é proporção de um nível de sinal para um nível de ruído, sendo expresso em dB. É calculado dividindo a potência do sinal pela potência do ruído.

O SNR é análogo ao FEC, então quanto mais densa é modulação utilizada, expressa em QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), maior é a taxa de transferência e menor é a distância entre os símbolos, dificultando a correção de erros, sendo assim mais sensível ao ruído.

Para 16 QAM, são 16 símbolos na constelação, 4 em cada quadrante então cada símbolo representa 4 bits. Já em 64 QAM, são 64 símbolos, representando 6 bits por símbolo.

Essa característica evidencia, que para se alcançar maiores taxas de transmissão é necessária uma rede livre de ruídos, também como pode ser uma alternativa paliativa em casos onde o FEC não corrigido é muito alto, os assinantes não conseguem navegar na Internet e o técnico não consegue tratar o ruído naquele momento por ter origem em um condomínio fechado e ser noite de domingo, sendo assim é possível em alguns casos diminuir a modulação do retorno de 64QAM para 16 QAM, permitindo uma taxa mínima de navegação, dentro de um SNR aceitável para aquela modulação, como demonstrado no quadro abaixo.

Tabela 2: Relação sinal/ruído.

Modulação	Relação Sinal/Ruído - SNR							
QPSK	11	13	15	16	17	18	19	20
16-QAM	18	20	22	23	24	25	26	27
64-QAM	25	27	28	29	30	31	32	33
256-QAM	31	33	35	36	37	38	39	40
	Crítico		Bom			Ótimo		

Fonte: ETN, 2015

3. TIPOS DE RUÍDO DA REDE COAXIAL

3.1 CABOS COAXIAIS DANIFICADOS

Os cabos coaxiais têm imunidade natural boa ao ruído externo, devido a blindagem concêntrica que acaba por cancelar todos os efeitos dos campos eletromagnéticos externos. Devido a blindagem em malha ser mais sensível à altas frequências, que podem vazar através da malha, pode ser utilizado um cabo com maior densidade de malha ou blindagem sólida. Sendo assim qualquer ruído que venha a entrar ou sair do cabo é resultado de falha na construção ou manuseio, gerando imperfeições na blindagem.

Os instaladores de cabos devem executar técnicas corretas de manuseio e instalação, assim como a necessidade de acompanhamento especializado nos serviços de manutenção corretiva e preventiva da rede externa, como por exemplo na troca poste, onde ocorre alto risco de rompimento e avarias devido as movimentações da infraestrutura.

O cabo usado em sistemas HFC tem uma impedância característica de 75 ohms. A impedância é alterada em um ponto danificado, gerando problemas na transmissão. (STROMBERG, 1998)

3.2 RÚIDO PREVENIENTE DA REDE INTERNA

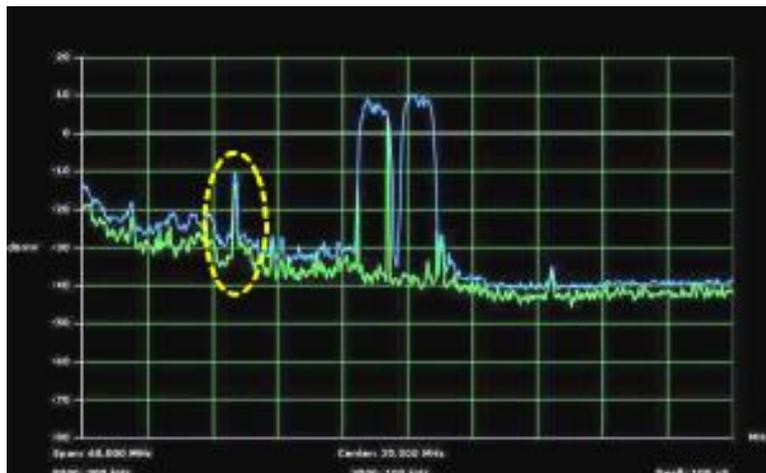
O ruído proveniente da rede interna, ou seja, da instalação e equipamentos na casa do cliente, é o mais comum, devido quantidade de terminais e conexões existentes entre eles e a TAP (Tomada passiva de derivação).

Geralmente as causas mais comuns são: falta de torque nas conexões, cabo amaçado, com a malha de blindagem exposta e cabo sem equipamento instalado, nesse caso a ponta do cabo exposta sem casamento de impedância também são portas de entrada de ruído. A falta de torque nas conexões comumente ocorre por despreparo do instalador ou manuseio de cliente. Em alguns casos por falha no aterramento ou equipamento do assinante pode ocorrer inserção de AC (corrente contínua) que gera um tipo de degradação específica, que será abordada mais adiante.

3.3 INTERFERÊNCIA POR RÁDIO AMADOR

Vazamento é um fenômeno de mão dupla, os sinais podem sair, e os sinais aéreos também podem entrar. Os sistemas de cabo usam o espectro alocado para serviços aéreos, contando com a blindagem do cabo coaxial para permitir que os operadores de cabo usem o espectro atribuído à transmissão e a outros usuários. Os órgãos regulamentadores exigem que um operador de cabo não cause interferência aos usuários licenciados desse espectro. Quando a integridade da blindagem é comprometida, temos um ruído com características impulsivas, aparecendo quando o equipamento nesse espectro é acionado para transmitir algum sinal, resultando em perda de qualidade do serviço prestado. (ARRL, 2015)

Figura 8: Ruído de rádio amador.



Fonte: ETN, 2015

3.4 DEGRADAÇÃO POR HUM

A tensão da alimentação AC (*Alternate Current*) dos ativos de rede fornecida pela fonte é de 60V ou 90V, sendo comumente adotada a tensão de 90V, para se diminuir a corrente elétrica e reduzir a corrente que circula na rede, assim tendo uma redução do HUM.

Esse efeito ocorre também quando a fonte de alimentação de um amplificador começa a se deteriorar e faz com que o amplificador gere distorção HUM, porém geralmente seja proveniente do próprio assinante quando não possui um aterramento adequando na TV, para se evitar a entrada de AC por essa via, deve-se corrigir o aterramento ou fazer uso de Isoladores de AC no cabo coaxial.

Em um sinal digital pode causar uma baixa taxa de erro de modulação (MER) e aumentar o erro de bit (BER) quando o ruído for grave. Os demoduladores QAM usados em modems a cabo e decodificadores são projetados para manter em níveis aceitáveis. (VIAVI, 2019)

Figura 9: Função análise de Hum do DSAM.



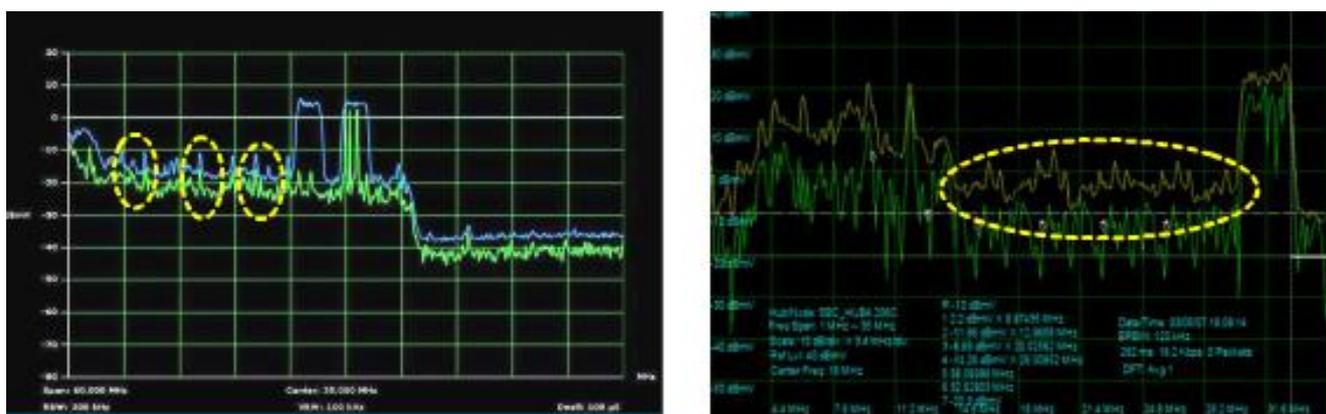
VIAVI, 2019

Máximo para um sinal de vídeo não ser afetado é de 3%.

3.5 DEGRADAÇÃO POR COMMON PATH DISTORTION

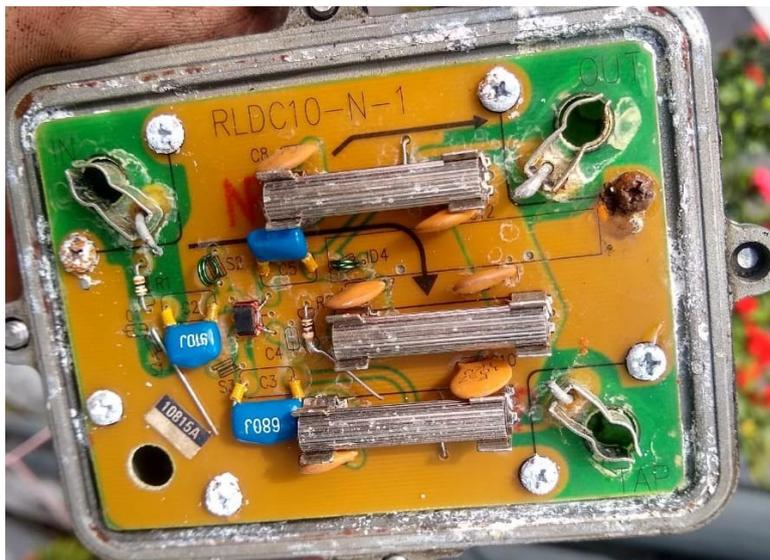
O CPD ou Common Path Distortion é causado pela oxidação de pontas de cabos ou passivos da rede. Essa oxidação tem um efeito semelhante à dos diodos, aparecendo no gráfico como componentes em frequência que se repetem periodicamente, nesse caso seguindo a largura dos canais de 6MHz.

Figura 10: Gráfico da resposta de um ruído CPD.



Fonte: ETN, 2015

Figura 11: Passivo de rede com oxidação.

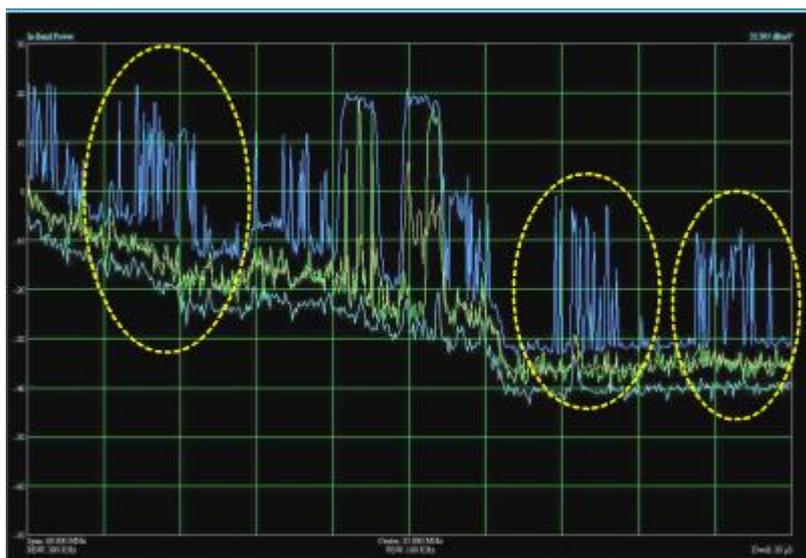


Fonte: Autor, 2020

3.6 SPIKES

Spikes ou ruído impulsivo ocorre quando equipamentos elétricos, como motores ou aparelhos eletrônicos, quando ligados, geram impulsos eletromagnéticos que interferem na faixa de retorno.

Figura 12: Característica de ruído impulsivo.



Fonte: ETN, 2015

4. MANUTENÇÃO PREVENTIVA, CORRETIVA E SUAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS

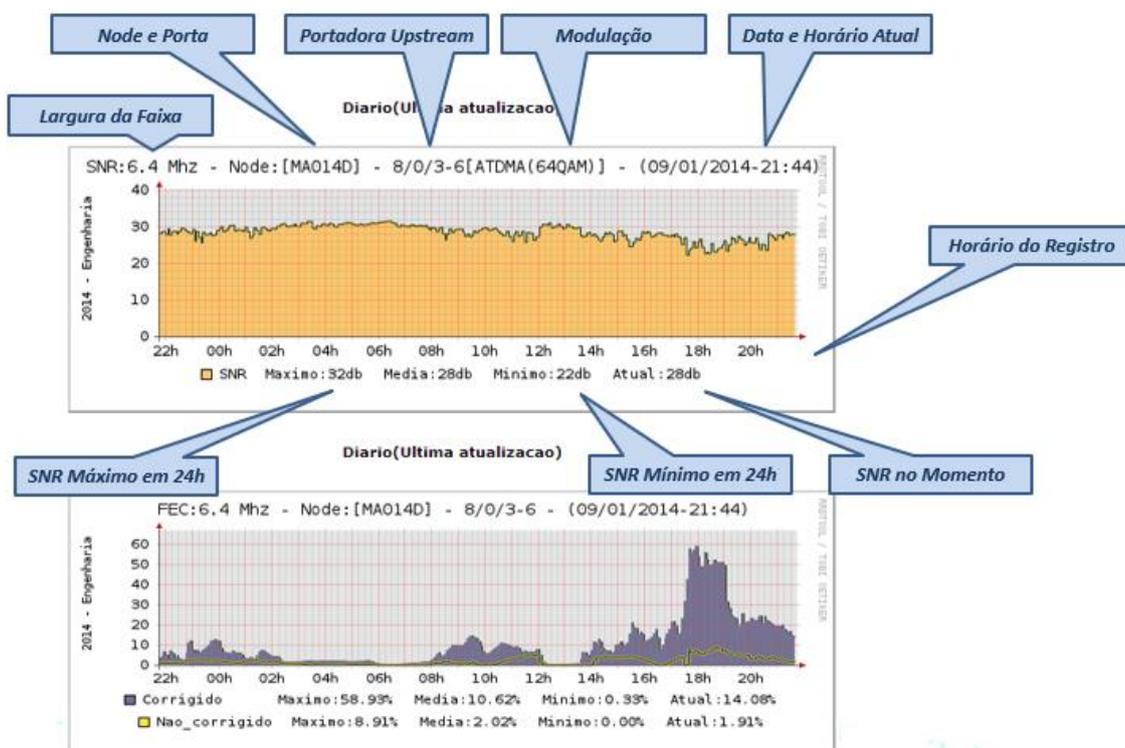
4.1 FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO E ANÁLISE

Serão abordadas as principais ferramentas utilizadas para análise e monitoramento da rede, além de algumas ações necessárias para garantia da qualidade dos serviços.

4.1.1 NAGIOS

Ferramenta de monitoramento de vários componentes da infraestrutura, monitora a rede quanto a problemas causados por links de dados sobrecarregados, roteadores, switches, servidores e falhas no canal de retorno. Mesclando todas essas informações que podem ser acessadas remotamente com gráficos e alarmes.

Figura 13: Nagios – níveis de SNR e FEC.



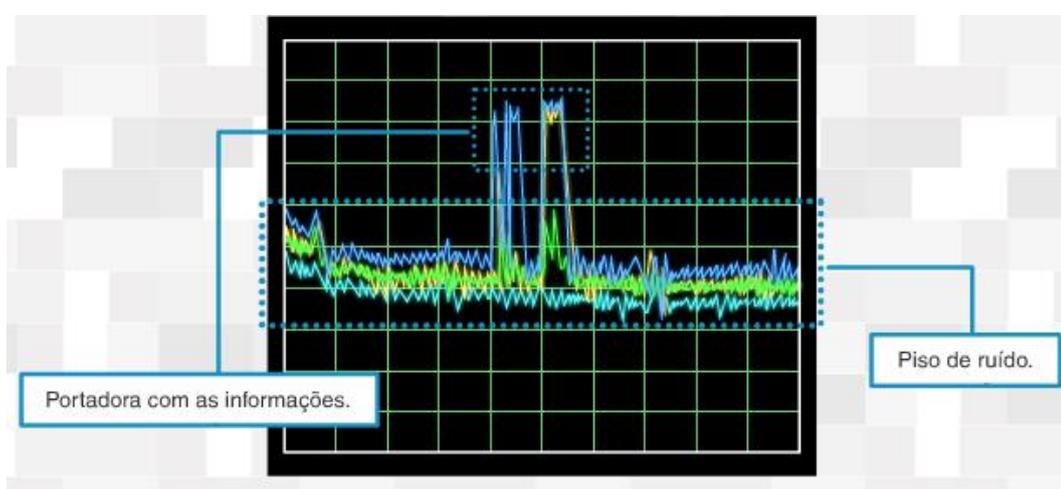
Fonte: ETN, 2015

Observamos no primeiro gráfico os níveis de *SNR* da rede, e no segundo gráfico *FEC* corrigido e não corrigido. (ETN, 2015)

4.1.2 ANALISADOR DE ESPECTRO

O Analisador de espectro permite verificar online as portadoras de *upstream* e o piso de ruído, e analisar com relação entre os dois para determinar o nível de degradação do sinal, ocasionando queda na quantidade de modems sincronizados.

Figura 14: Gráfico das portados e piso ruído.



Fonte: ETN, 2015

4.1.3 INSTRUMENTO DSAM

O DSAM (Digital Service Activation Meter) é um instrumento de teste, da fabricante VIAVI (antes JDSU), que combina as funções de um analisador de sinais analógico e digital, com funções de Testes completos de DOCSIS de operadoras, entre eles analisador de constelação com taxa de erro de bit e modulação (MER e BER), *throughput*, perda de pacotes, instabilidade, atraso, ruído dentro da portadora digital, Localizar ingresso de canal de retorno. (VIAVI, 2019)

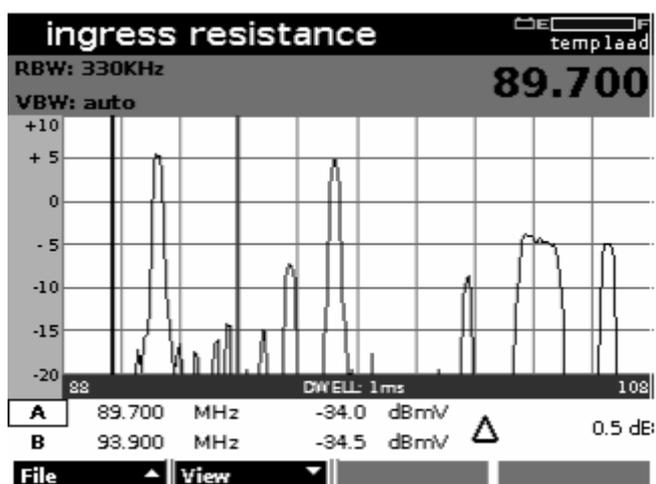
Figura 15: DSAM.



Fonte: VIAVI, 2019

Outra função do *DSAM* é a de resistência ao ingresso, figura 15. Configurado para fazer a leitura de frequências conhecidas das cidades de 88 a 108 Mhz onde encontram-se as estações de rádio FM (frequência modulada). Esta função permite que o usuário verifique se há problemas de conexões no cabo, utilizando uma fonte de sinal conhecida. (DATASHEET DSAM, 2015)

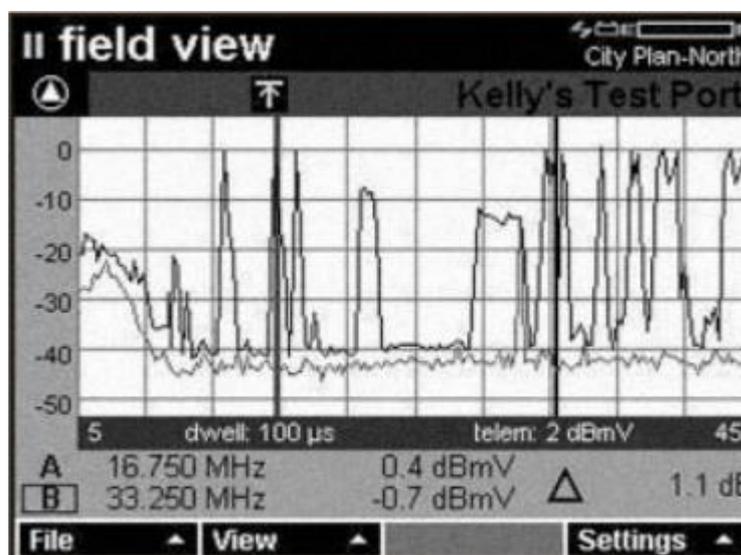
Figura 16: Resistência ao Ingresso.



Fonte: DATASHEET DSAM, 2015

A ferramenta de análise Field View oferece a visualização do espectro de retorno upstream remoto de um determinado ponto da rede. Esta função permite maior agilidade do técnico na solução de problemas, pois permite comparar o ruído de ingresso no ponto em que está, comparando-o com o ruído percebido pelo sistema de monitoração do caminho de retorno (*Path Trak*) localizado no *headend*, numa mesma tela do DSAM, como mostra a figura 17, é possível ver a referência do ingresso local em tom mais claro, comparado com em o tom mais escuro, o ingresso total medido pelo *Path Trak*. (DATASHEET DSAM, 2015)

Figura 17: Função Field View do DSAM.



Fonte: DATASHEET DSAM, 2015

4.2 TRATAMENTO PREVENTIVO

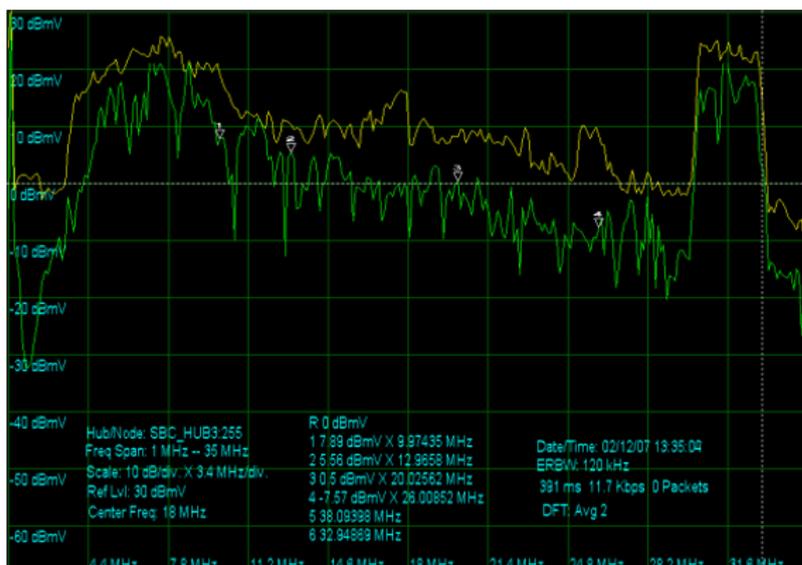
Ação de caráter preventivo, regulamentados pela ANATEL, visando monitorar e executar manutenção da rede antes que ocorra alguma ocorrência que venha afetar os serviços prestados.

4.2.1 VAZAMENTO (LEAKEGE)

Em teoria a blindagem do cabo isola totalmente os sinais de interferências externas, mas a realidade é que a rede não é perfeitamente blindada, e assim os sinais

podem escapar e interferir com outros sinais nas mesmas frequências. Por outro lado, esses sinais externos podem entrar na rede e interferir nos sinais do cabo, como pode ser observado no gráfico da figura 18, de um ruído proveniente do meio.

Figura 18: Condição de descasamento de impedância.



Fonte: Template treinamento RF - NET, 2011

Para evitar interferências em outros sinais, existe regulamentação pela Anatel, a Norma 13/96 a operadora deve cumprir os níveis mínimos de irradiação, tem como recomendação o nível teórico máximo permitido de leakage = $20\mu\text{V}/\text{m}$. Da mesma forma que a operadora se beneficia de um trabalho preventivo onde o técnico vai com equipamento específico que detecta a fuga de sinal por uma TAG (Sinal com frequência pré-estabelecida) que é emitida no Headend, onde encontra falhas diversas que podem ocasionar ruídos na rede. (ANATEL, 1997)

4.2.2 LIMPEZA MASSIVA DO CANAL DE RETORNO

Processo seguido para tratamento do ruído ingressante no espectro de retorno, para deixar essa faixa de frequência livre de interferências e ruídos, é um processo de limpeza periódico, obrigatoriamente 20% de rede durante o ano. Para se evitar perda da qualidade nos serviços. (ETN, 2015)

Figura 19: Ciclo de uma limpeza massiva de ruído.

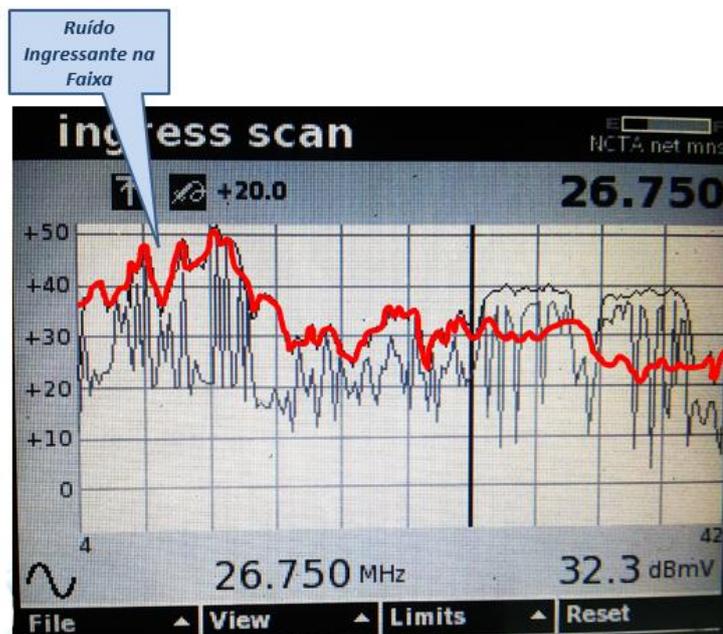


Fonte: ETN, 2015

4.3 IDENTIFICANDO O RUÍDO INGRESSANTE

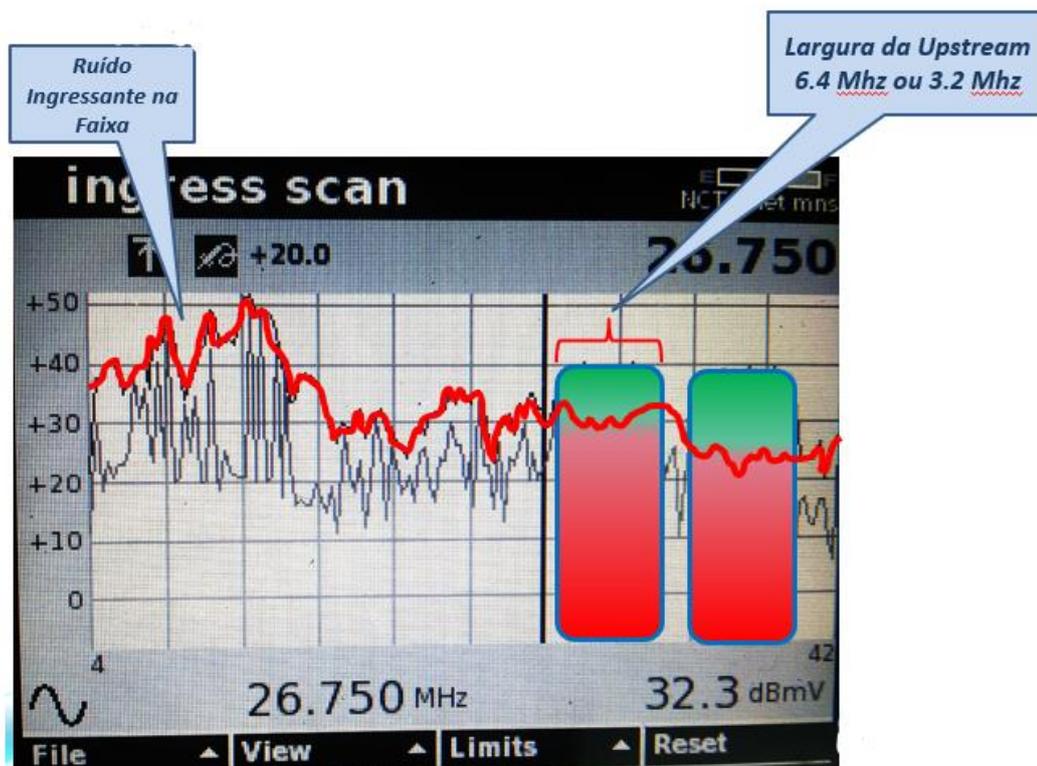
Após obter qual o node ruidoso pelo analisador espectro, o analista encaminha a ocorrência para o técnico em campo, que por sua vez segue com a identificação do ruído, observa-se nas imagens 20 e 21, a tela do DSAM com destaque o ruído ingressante e as portadoras.

Figura 20: Ruído ingressante.



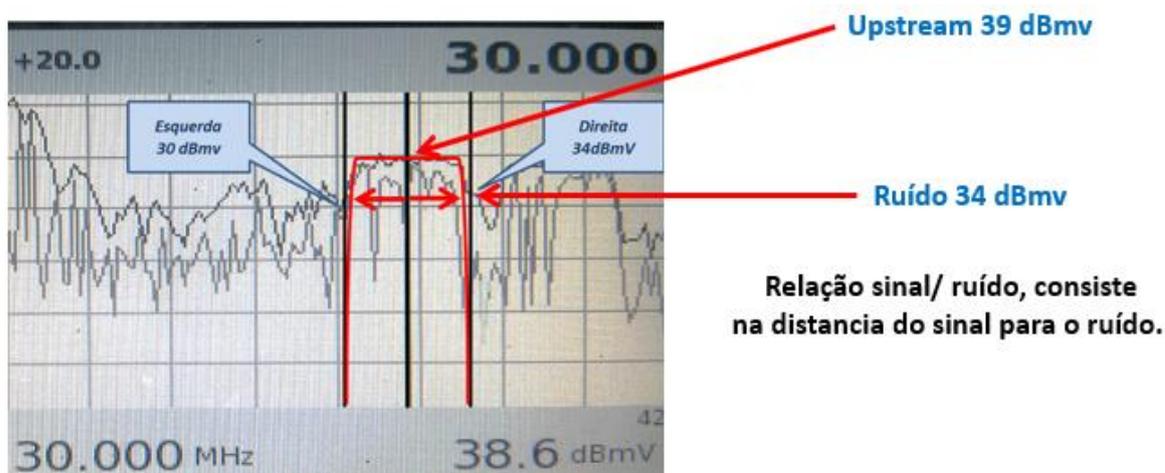
Fonte: ETN, 2015

Figura 21: Ruído ingressante com portadoras em destaque.



Fonte: ETN, 2015

Figura 22: Gráfico da Portadora em relação ao SNR.

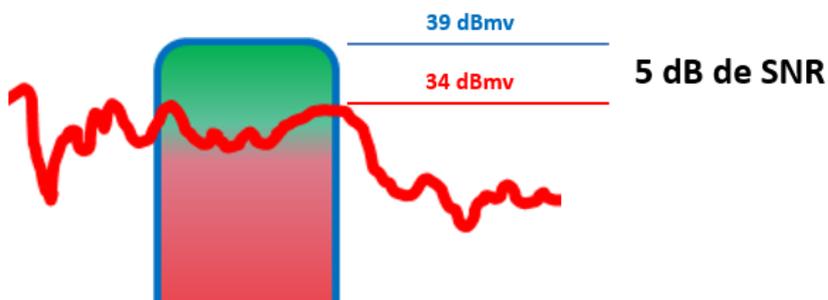


Fonte: ETN, 2015

4.3.1 CALCULANDO O SNR DO PONTO ANALISADO:

Sendo assim, a SNR nesta UP é de:

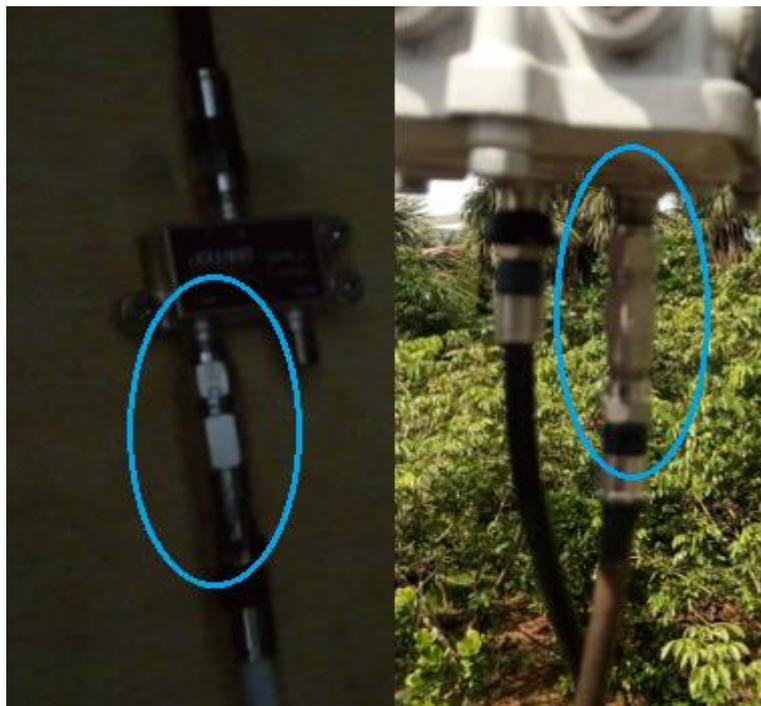
Figura 23: Portadora em relação ao SNR.



Fonte: ETN, 2015

Confirmado o ruído, segue o processo para a limpeza da porta identificando os pontos comuns através da análise de projeto e com informações da ocorrência gerada pelos analistas. Para o caso de uma limpeza massiva, o técnico verifica todos os amplificadores do node começando pelo último da cascata e verifica cada saída do ativo. Após identificar a perna ruidosa, segue TAP a TAP, analisando cada cabo conectado, para desconectar ligações clandestinas ou filtrar utilizando um filtro tipo passa-faixa (figura 24), que corta o ruído na faixa do retorno, e encaminha para ser tratado por outra equipe especializada.

Figura 24: Filtro passa-faixa.



Fonte: Equipe de campo NET/CLARO, 2019

Em amplificadores sem pontos de teste ou para conexões nas TAP's são utilizados os adaptadores. Na figura abaixo.

Figura 25: Adaptadores passivos.



Fonte: ETN, 2015

4.3.2 HIGIENIZAÇÃO DE NODE

Processo adotado de forma preventiva, seguindo ordem dos Nodes mais ruidos para os menos ruidosos, onde o uma equipe verifica todos os cabos conectados na rede, se são clientes ativos ou inativos, trocando os conectores oxidados e dando o torque correto, desconecta e remove o cabeamento externo de clientes inativos ou ligações clandestinas, além de organizar os cabos para evitar poluição visual da rede, as figuras 26 a 30 demonstram essa ação e o resultado pela empresa Líder Telecomunicações à serviço da NET/CLARO.

Figura 26: Antes e depois da higienização do TAP.



Fonte: Líder Telecomunicações, 2020.

Figura 27: Antes e depois da higienização do TAP e isolamento de conexão.



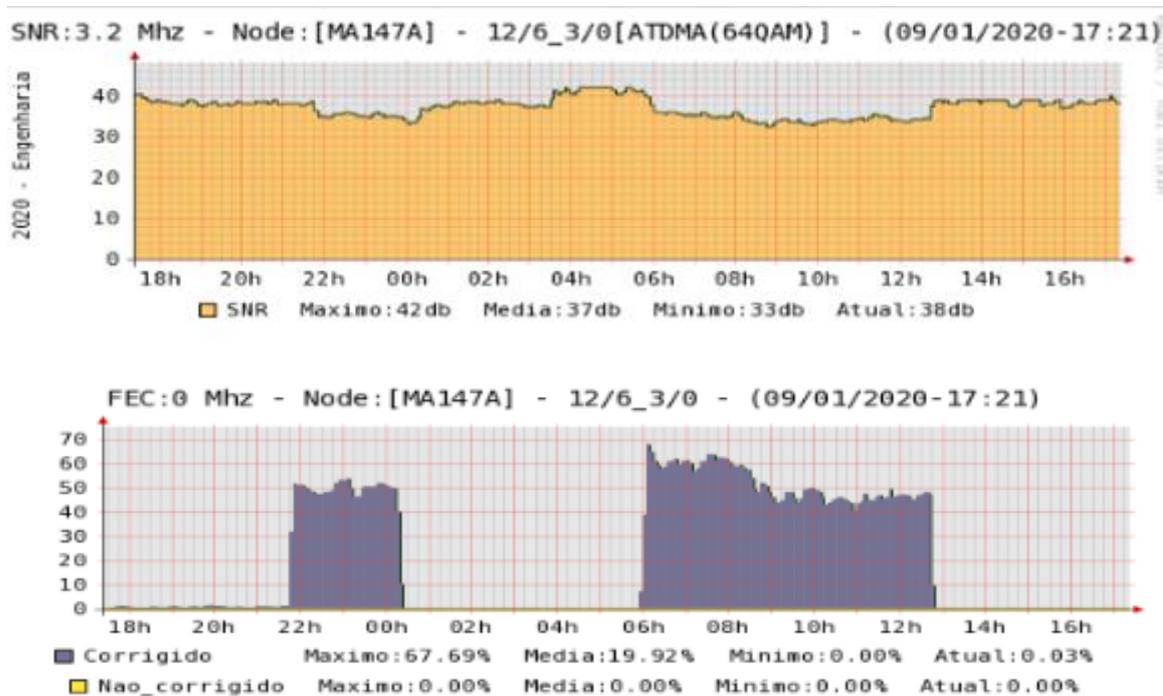
Fonte: Líder Telecomunicações, 2020.

Figura 28: Volume de cabos coletados depois da higienização do Node.



Fonte: Lider Telecomunicações, 2020.

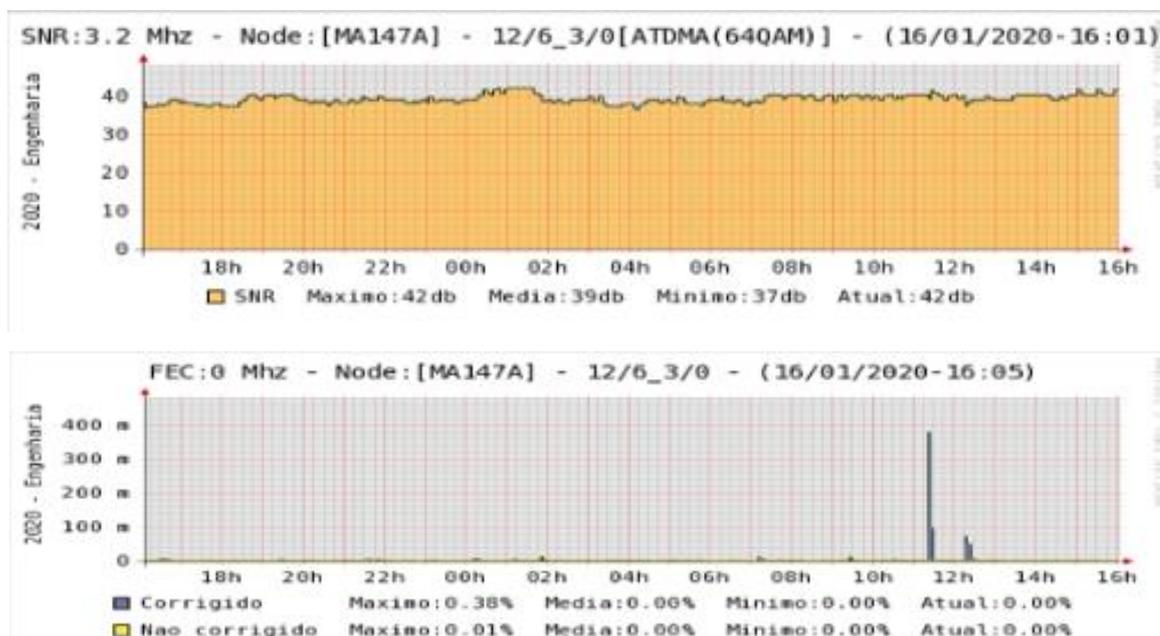
Figura 29: Gráfico do Node ruidoso no Nagios.



Fonte: Autor, 2020.

ANTES: SNR – 38db / FEC – corrigido 67,69%

Figura 30: Gráfico do Node tratado no Nagios.



Fonte: Autor, 2020.

DEPOIS: SNR – 40db / FEC – corrigido 0,01%

4.4 TRATAMENTO CORRETIVO

De caráter emergencial, ocorre quando a degradação do sinal, já afeta de forma significativa o sinal, afetando os indicadores de qualidade, gerando também prejuízos para a operadora de TV a cabo, pois gera insatisfação com os serviços e alta volumetria de ligações impactando diretamente nas receitas.

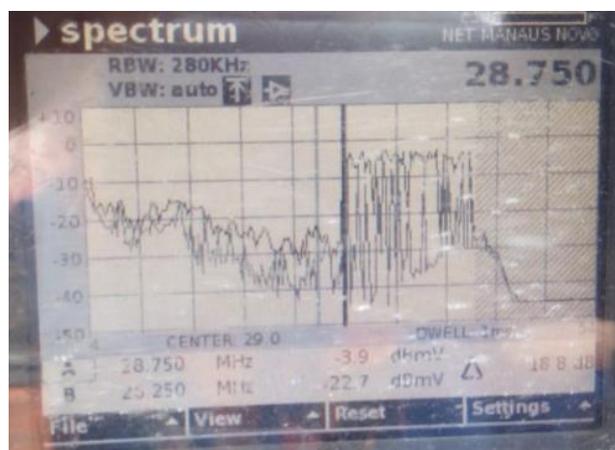
4.4.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Apesar do constante monitoramento dos nodes ruidosos, para ser feito uma ação preventiva, antes que seja gerada uma ocorrência que venha afetar os indicadores de qualidade, existem as situações onde o limite do FEC é excedido repentinamente e é gerado um *OUTAGE*, que é uma ocorrência tipo informativa, catalogada e com tempo de resposta definido, geralmente nessa situação os clientes estão sem navegação na Internet. Um técnico é encaminhado seu tratamento,

focando no ponto do ruído, não sendo necessário muitas das vezes limpar todas as pernas do Node, como na limpeza massiva, essa ação depende de uma análise preliminar pelo analista na central, conhecimentos e habilidades técnicas, para se ter uma resolução rápida e eficiente.

Tomamos um caso nas figuras 31 a 40 do Node MA225 em Manaus, na qual foi identificado um ingresso de ruído na porta D do Node. Sendo filtrado um cabo RG6, que na sequência é encaminhado pra verificação pela equipe de atendimento residencial, que após revisar toda a instalação, faz a validação e remoção do filtro.

Figura 31: Gráfico DSAM Porta D do Node MA225 com ruído



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

O técnico fez a medição no *MAIN (ponto de teste principal)* da porta D do Node, que corresponde ao reverso, nesse caso foi confirmado o ruído. Seguindo pelo projeto de construção da rede, verifica-se o próximo ponto em comum.

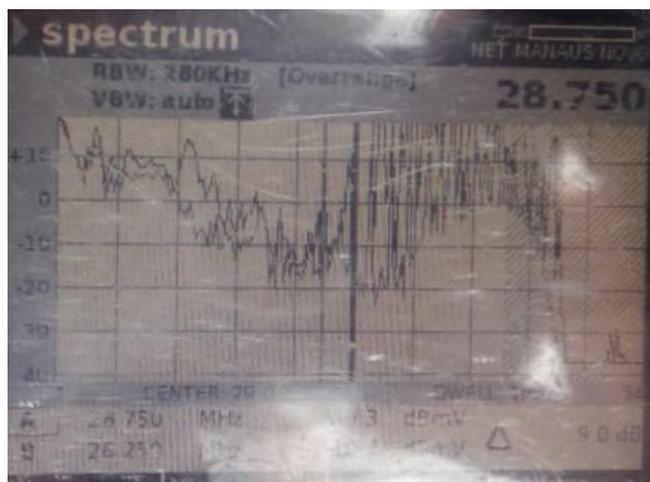
Figura 32: Medição no divisor anterior ao Amplificador



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

Feito a conexão com o conector de engate rápido KS/Fêmea.

Figura 33: Gráfico divisor anterior ao Amplificador



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

Com uma varredura do espectro de retorno, foi confirmado o ruído no divisor.

Figura 34: Medição no Reverso do Amplificador



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

Seguindo com a medição na porta do reverso do amplificador mais próximo.

Figura 35: Gráfico Reverso do Amplificador



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

Constatado o ruído oriundo da rede posterior ao amplificador.

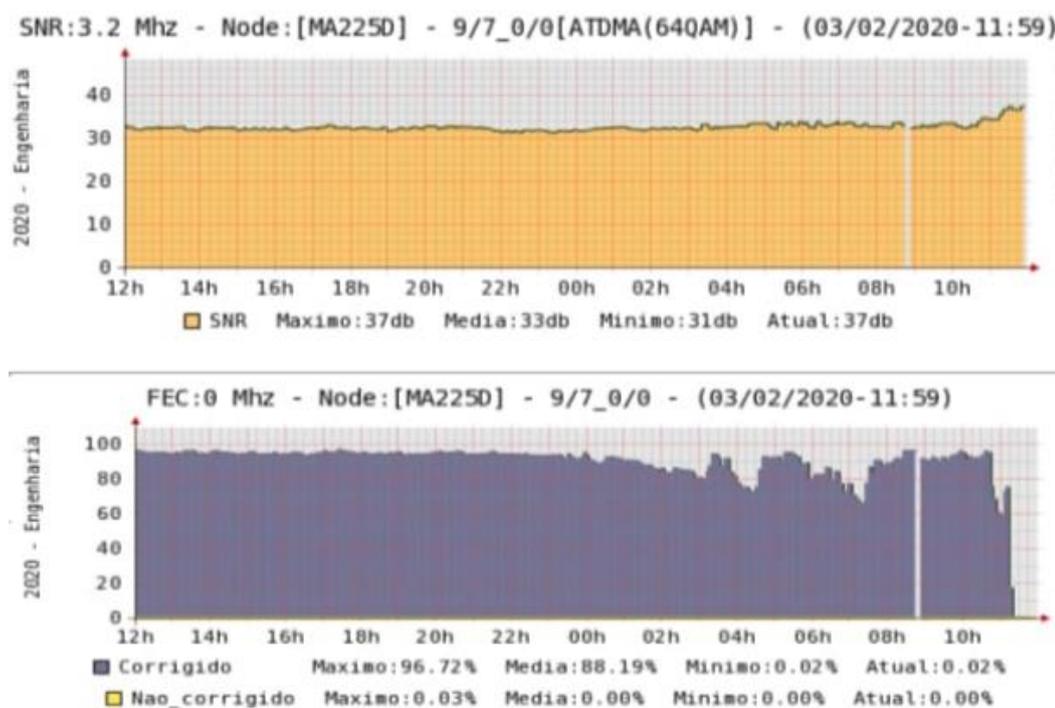
Figura 39: Gráfico do TAP após ofensor filtrado



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

Após filtra o cabo ruidoso, obtivemos o resultado esperado. Nesse ponto o técnico encaminha o assinante, para análise pela equipe de manutenção ao cliente, valida a tratativa e finaliza a ocorrência em sistema.

Figura 40: Gráfico do Node MA225 no Nagios



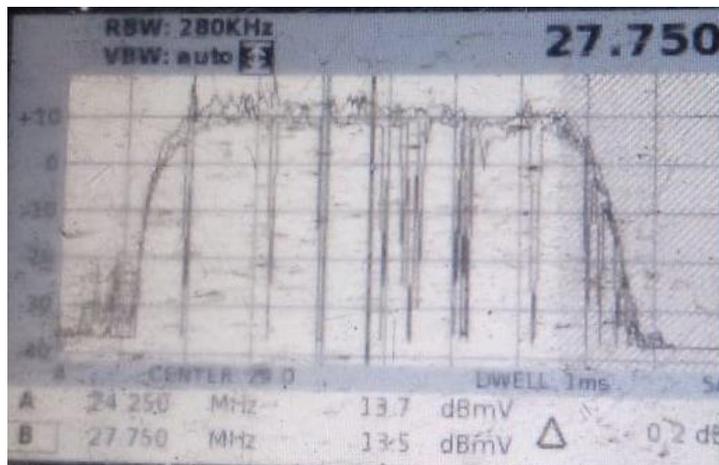
Fonte: Autor, 2020.

ANTES: SNR – 31db / FEC – corrigido 96,72%

DEPOIS: SNR – 37db / FEC – corrigido 0,02%

Apesar da maioria dos ruídos ser proveniente instalação do assinante, o técnico também pode encontrar uma conexão queimada como nas figuras 41 e 42.

Figura 41: Gráfico de ruído por conexão queimada



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

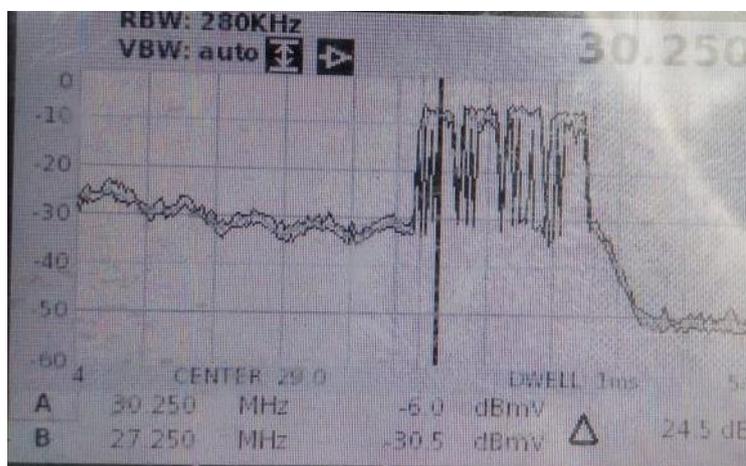
Figura 42: Conexão queimada



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

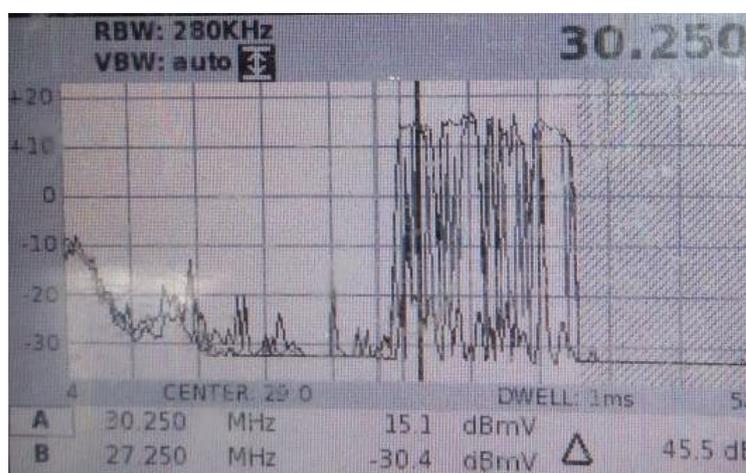
Nas figuras 43 e 44 evidencia uma medição de ruído na faixa do retorno e logo após o seu tratamento, o espectro sem o ruído.

Figura 43: Medição com do sinal com ruído



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

Figura 44: Medição do sinal após tratamento



Fonte: Técnico Campo Claro/NET, 2020.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A TV a cabo estar em constante evolução, a princípio é evidente que as regulamentações podem retardar esse progresso, como foi a FCC tentando proteger as operadoras locais de rádio, do medo de perder espaço para novas tecnologias. A abertura do mercado permitiu uma maior concorrência e conseqüentemente eficiência do sistema. Apesar da rede coaxial permitir um aumento das taxas de transferência com aplicação de novas técnicas, como expansão do espectro e densidade de modulação. A infraestrutura tem tendência a se tornar cada vez mais voltada a fibra óptica, isso, levando em conta a oferta e demanda, pois em regiões com menor retorno financeiro a rede coaxial, por ter construção mais barata, entrega um bom custo-benefício, porém é uma rede que depende de constante tratamento do ruído ingressante para manter a qualidade. Nesse trabalho tratamos de um estudo de caso, da necessidade e rotina de para se manter a rede sem ruídos que possam instabilizar os serviços prestados pela operadora. Como sugestão de trabalho futuro, indico um estudo das causas mais comuns para interrupção do sinal na rede HFC, estudo de impacto de descargas elétricas de grande intensidade nos equipamentos e formas de diminuir esse impacto, e como resolver o problema de saturação de tráfego na infraestrutura já implantada.

REFERÊNCIAS

ETN. Escola Técnica Net. **Treinamento técnico de rede externa**. Versão 1.0 e 5.3. BRASIL, 2012 e 2015.

ETN. Escola Técnica Net. **Treinamento RF, Template 2011 – Básico**. Versão 1.2. BRASIL, 2011.

BRASIL. **LEI Nº 9.472, DE 16 DE JULHO DE 1997**. Sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento da ANATEL, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995.

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. Leis, Decretos e Regulamentações. **Serviço de TV a Cabo - Norma Nº 13/96 –Rev/97**. Brasil, 1997.

CCTA. **History of Cable** (01/10/2002). California Cable & Telecommunications Association. California, USA.

Disponível em: < <https://www.calcable.org/learn/history-of-cable/> > Acesso em: 12/11/2019.

ABTA, **Histórico - A TV por Assinatura no mundo** (24/11/2012). Associação Brasileira de TV por Assinatura. Disponível em: < <http://www.abta.org.br/historico.asp> > Acesso em: 12/11/2019.

LEE, Wei-Tsong. Ilustração da Arquitetura HFC (01/04/2006). Disponível em: < https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-HFC-network_fig1_3041197 > Acessado em 12/11/2019.

Filippett, Marco A. Ilustração da Arquitetura de uma rede coaxial em árvore (04/04/2010). Disponível em: < <http://blog.ccna.com.br/2010/04/04/redes-hfc-hybrid-fiber-coax-parte-01-o-inicio/> > Acessado em 12/11/2019.

Multicom, **HFC (Hybrid Fiber-Coaxial)** (02/12/2014). Multicom, Inc. Fabricante e distribuidor de linha completa em telecomunicações. Florida, USA.

Disponível em: < <https://www.multicominc.com/solutions/technologies/hfc/> > Acessado em 16/11/2019.

National Maglab, **Coaxial Cable – 1929** (10/12/2014). The National High Magnetic Field Laboratory. Florida, USA.

Disponível em: < <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/museum/coaxial-cable> > Acessado em 07/01/2020.

STROMBERG, Douglas L. **The role of coaxial cable in broadband networks.** (01/11/1998). President of Telecom Training Systems Inc. Minnesota, USA.

Disponível em: < <https://www.cablinginstall.com/home/article/16468612/the-role-of-coaxial-cable-in-broadband-networks> > Acessado em 10/12/2019.

ARRL, **Electromagnetic interference and the cable operator** (2009). The National Association for Amateur Radio. Connecticut, USA.

Disponível em: < <http://www.arrl.org/cable-television-interference> > Acessado em 20/10/2019.

DATASHEET DSAM. **Digital Service Analysis Meter.** DSAM 6000. Viavi Solutions, Inc 2015.

VIAVI. **Measuring Hum on a QAM Digital Carrier** (29/03/2019). VIAVi Solutions.

Disponível em: < <https://www.viavisolutions.com/en-us/literature/measuring-hum-qam-digital-carrier-application-notes-en.pdf> > Acessado em 05/12/2019.