

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

ALEXON MAGNUSKEI
RAFAEL MARQUES ILIVINSKI

CONECTIVIDADE NA COPA DO MUNDO FIFA 2014: Estudo de Caso

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

ALEXON MAGNUSKEI
RAFAEL MARQUES ILIVINSKI

CONNECTIVIDADE NA COPA DO MUNDO FIFA 2014: Estudo de caso

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Diplomação, como requisito parcial para obtenção de grau de Tecnólogo do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M. Sc. Alexandre Jorge Miziara

CURITIBA
2015

“Cada sonho que você deixa pra trás,
é um pedaço do seu futuro que deixa
de existir.”
Steve Jobs

ALEXON MAGNUSKEI
RAFAEL MARQUES ILIVINSKI

CONNECTIVIDADE NA COPA DO MUNDO FIFA 2014: Estudo de caso

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado no dia 06 de Março de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram argüidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Ph.D. Luiz Carlos Vieira
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Sérgio Moribe
Coordenador de Trabalho de
Diplomação Departamento Acadêmico
de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. M. Sc. Alexandre Jorge
Miziara (UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Sc. Valmir de Oliveira
(UTFPR)

Prof. Dr. Sc. Jâmea Cristina Batista
Silva (UTFPR)

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de primeiramente agradecer a Deus.

Agradecer a nossas famílias, principalmente aos nossos pais, as primeiras pessoas que nos ensinaram e estimularam pela busca do saber.

Agradecemos a dedicação e orientação do professor orientador Alexandre Jorge Miziara, bem como todos os professores ao longo do curso, que apoiaram e nos instruíram nas áreas mais diversas.

A todos os profissionais e colegas que de alguma forma nos incentivaram e contribuíram para a conclusão trabalho.

RESUMO

MAGNUSKEI, Alexon, ILIVINSKI, Rafael. **CONECTIVIDADE NA COPA DO MUNDO FIFA 2014: Estudo de caso** 2015.80. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Esse estudo de caso apresenta novas tecnologias para as telecomunicações que o Brasil precisou implantar para sediar a Copa do Mundo de Futebol. As cidades sedes do evento precisaram se reestruturar implantando projetos inovadores para as telecomunicações. A utilização de Redes Convergentes muda o cenário onde a transmissão de dados ganha mais importância em relação à transmissão de voz e assim acontece a mudança de padrões como a utilização da tecnologia 4G que permite aos usuários melhores serviços e beneficia também o governo que consegue movimentar melhor a economia desse setor.

Palavras-chaves: Redes Convergentes. 4G. Telecomunicações.

ABSTRACT

MAGNUSKEI, Alexon, ILIVINSKI, Rafael. **CONECTIVIDADE NA COPA DO MUNDO FIFA 2014: Estudo de caso** 2015.80. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

This case study presents new technologies for telecommunications that Brazil had to deploy to host the World Cup Soccer. The event host cities needed to restructure deploying innovative projects for telecommunications. The use of Converged Networks changes the scenario where the data transmission gains more importance in relation to the transmission of voice and so happens to changing patterns and the use of 4G technology that allows users to better services and also benefits the government that can move better the economy of that sector.

Keywords: Converged Networks. 4G. Telecommunications.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disposição das câmeras de transmissão 4K	19
Figura 2 - Interdependência QoS e QOE, figura adaptada da TR-126.....	22
Figura 3 - Convergência entre os serviços de voz e dados.....	23
Figura 4 - Protocolos presentes na rede NGN	26
Figura 5 - Estrutura do protocolo SIP	27
Figura 6 - Exemplo de entidades SIP.....	28
Figura 7 - Elementos do protocolo H.323.....	30
Figura 8 - Entidades MGCP	32
Figura 9 - Modelo de conexão do protocolo H.248.....	34
Figura 10 - Modelo básico de arquitetura NGN	39
Figura 11 - Arquitetura básica do subsistema IMS.....	42
Figura 12 - Exemplo de uma rede heterogênea.....	45
Figura 13 - Comparação de distribuição de cobertura de sinal entre macro células e macro células complementadas com células menores.....	45
Figura 14 - Ilustração de uma rede heterogênea, com <i>macro cells</i> e <i>small cells</i>	46
Figura 15 - Exemplo de macro célula e seus componentes.....	47
Figura 16 - Micro célula NEC série MB4300.....	48
Figura 17 - Exemplo de uma pico célula.....	50
Figura 18 - Exemplo de femto células	51
Figura 19 - Femto célula 9361 Home Cell da Alcatel-Lucent.....	52
Figura 20 - Exemplo de <i>backhaul</i> em uma rede heterogênea.....	53
Figura 21 - Exemplo de LoS e NLOS.....	55
Figura 22 - Árvore de decisão de <i>backhaul</i> de <i>Small cells</i>	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais diferenças entre os protocolos H.323, MGCP, H.248/MEGACO e SIP	36
Quadro 2 - Capacidade de chamadas e conexões em cada estádio	70
Quadro 3 - Responsáveis pela implantação de telecomunicações nos estádios	71
Quadro 4 - Partidas com mais fotos enviadas	72
Quadro 5 - Balanço de fotos enviadas e ligações em cada estádio	73

LISTA DE SIGLAS

2G	Sistema celular de segunda geração
3G	Sistema celular de terceira geração
3GPP	Projeto de parceria de 3ª geração (<i>3rd Generation Partnership Project</i>)
4G	Sistema celular de quarta geração
ADSL	Linha digital assimétrica de assinante (<i>Asymmetrical Digital Subscriber Line</i>)
ANATEL	Agência nacional de telecomunicações
AP	Ponto de acesso (<i>Access Point</i>)
ATM	Modo de transferência assíncrona (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>)
BNF	Formalismo de Backus-Naur (<i>Backus-Naur Form Grammar</i>)
BTS	Estação transceptora base (<i>Base Transceiver Station</i>)
CA	Agente de chamada (<i>Call Agent</i>)
CDR	Bilhetagem (<i>Call Detail Recording</i>)
CSCF	Função controle de sessão de chamada (<i>Call Session Control Function</i>)
DAS	Sistema de antenas distribuídas (<i>Distributed Antenna System</i>)
DOWNLINK	Enlace de descida
DSL	Linha digital de assinante (<i>Digital Subscriber Line</i>)
ENODEB	NodeB melhorado (<i>Enhanced Node B</i>)
EPC	Núcleo de pacote evoluído (<i>Evolved Packet Core</i>)
ERB	Estação Rádio-base
FIFA	Federação Internacional de Futebol (<i>Fédération Internationale de Football Association</i>)
FMC	Convergência entre redes de telefonia fixa e móvel (<i>Fixed Mobile Convergence</i>)
FR	Retransmissão de quadros (<i>Frame Relay</i>)
GK	Porteiro (<i>Gatekeeper</i>)
GPRS	Serviço de rádio de pacote geral (<i>General Packet Radio Service</i>)
GSM	Sistema Global para comunicações móveis (<i>Global System for Mobile communications</i>)
GSTN	Rede geral de telefonia comutada (<i>General Switched Telephone Network</i>)
GW	Portal de mídia (<i>Gateway</i>)
HD	Alta Definição (<i>High Definition</i>)
HETNET	Redes Heterogêneas (<i>Heterogeneous Networks</i>)
HSS	Servidor de assinante local (<i>Home Subscriber Server</i>)
IBC	Centro de Transmissão Internacional (<i>International Broadcast Center</i>)
IETF	Força tarefa de engenharia de internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
IP	Protocolo de Internet (<i>Internet Protocol</i>)
IMS	Subsistema de Multimídia de IP (<i>IP Multimedia Subsystem</i>)
ISDN	Rede Digital de Serviços Integrados (<i>Integrated Services Digital Network</i>)
ISP	Provedor de serviços de internet (<i>Internet Service Provider</i>)
ISUP	Parte do usuário ISDN (<i>ISDN User Part</i>)
ITU-T	União Internacional de Telecomunicações – Setor de Normatização das Telecomunicações (<i>International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector</i>)

LAN	Rede Local (<i>Local area Network</i>)
LOS	Linha de Visada (<i>Line Of Sight</i>)
LTE	Evolução a longo prazo (<i>Long Term Evolution</i>)
MAN	Rede Metropolitana (<i>Metropolitan area Network</i>)
MCU	Unidade de controle multiponto (<i>Multipoint Control Unit</i>)
MEGACO	Controle de portal de mídia (<i>Media Gateway Control</i>)
MG	Portal de mídia (<i>Media Gateway</i>)
MGC	Controlador de portal de mídia (<i>Media Gateway Controller</i>)
MGCF	Função controle de portal de mídia (<i>Media Gateway Control Function</i>)
MGCP	Protocolo de controle de portal de mídia (<i>Media Gateway Control Protocol</i>)
MME	Entidade de gerenciamento de mobilidade (<i>Mobility Management Entity</i>)
MMW	Onda milimétrica (<i>Millimeter Wave</i>)
MPLS	Comutação de Rótulo Multiprotocolo (<i>Multi Protocol Label Switching</i>)
MRF	Função recurso de multimídia (<i>Multimedia Resource Function</i>)
NGN	Redes de Próxima Geração (<i>Next Generation Network</i>)
NLOS	Linha de visada parcial (<i>Near line of sight</i>)
NLOS	Sem linha de visada (<i>Non line of sight</i>)
NODEB	Estação móvel
OAM	Operações administração e manutenção (<i>Operations Administration and Maintenance</i>)
OFCOM	Escritório de comunicações (<i>Office of Communications</i>)
OLOS	Linha de visada obstruída (<i>Obstructed Line Of Sight</i>)
PABX	Central privada de comutação telefônica (<i>Private Automatic Branch Exchange</i>)
PBN	Rede baseada em pacotes (<i>Packet Based Network</i>)
PCM	Modulação por código de pulso (<i>Pulse Code Modulation</i>)
PGW	Portal de entrada de rede de pacotes de dados (<i>Packet Data Network Gateway</i>)
PLMN	Rede pública de telefonia móvel (<i>Public Land Mobile Network</i>)
PMP	Ponto multiponto (<i>Point-to-Multipoint</i>)
PSTN	Rede de telefonia pública comutada (<i>Public Switched Telephone Network</i>)
PTP	Ponto a ponto (<i>Point-to-Point</i>)
QAM	Modulação de amplitude em quadratura (<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>)
QOE	Qualidade de experiência (<i>Quality of Experience</i>)
QOS	Qualidade de serviço (<i>Quality of Service</i>)
RAN	Redes de acesso de rádio (<i>Radio Access Networks</i>)
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RF	Frequência de rádio (<i>Radio Frequency</i>)
RGW	Portal residencial (<i>Residential Gateway</i>)
RN	Nó de retransmissão (<i>Relay Node</i>)
RRH	Cabeça de rádio remoto (<i>Remote Radio Head</i>)
RTP	Protocolo de transporte em tempo real (<i>Real-Time Transport Protocol</i>)
RTPC	Rede de Telefonia Pública Comutada
SAE	Evolução da arquitetura do sistema (<i>System Architecture Evolution</i>)
SCC#7	Sinalização por canal comum número 7
SCN	Rede comutada por circuito (<i>Switched Circuit Network</i>)

SEGW	Portal de mídia de segurança (<i>Security Gateway</i>)
SGW	Portal de mídia de serviço (<i>Serving Gateway</i>)
SIGTRAN	Protocolo de transporte de sinalização (<i>Signalling Transport</i>)
SIP	Protocolo de Iniciação de Sessão (<i>Session Initiation Protocol</i>)
TCO	Custo Total de Propriedade (<i>Total Cost of Ownership</i>)
TCP	Protocolo de controle de transmissão (<i>Transmission Control Protocol</i>)
TGW	Portal de mídia de troncos
TR-126	Relatório técnico 126 (<i>Technical Report 126</i>)
UA	Agente Usuário (<i>User Agent</i>)
UAC	Cliente do agente usuário (<i>User Agent Client</i>)
UAS	Servidor do agente usuário (<i>User Agent Server</i>)
UDP	Protocolo de datagramas de usuário (<i>User Datagram Protocol</i>)
UHDTV	Televisão de ultra alta definição (<i>Ultra High Definition Television</i>)
UMTS	Sistema universal de telecomunicações móvel (<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>)
UPLINK	Enlace de subida
UE	Equipamento do usuário (<i>User Equipment</i>)
VOIP	Voz sobre Protocolo de Internet (<i>Voice over Internet Protocol</i>)
WAN	Rede de Longa Distância (<i>Wide area Network</i>)
WI-FI	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	15
1.2	PROBLEMA	15
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4	JUSTIFICATIVA	16
1.5	METODOLOGIA	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	TECNOLOGIA 4K	18
2.1.1	Funcionamento do sistema	18
2.1.2	Desafios	20
2.4	QUALIDADE DE SERVIÇO	20
2.5	QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA	21
2.6	<i>NEXT GENERATION NETWORKS</i> (NGN)	23
2.6.1	Características básicas do NGN	25
2.6.2	Protocolos utilizados na Rede NGN	26
2.6.2.1	Protocolo de inicialização de sessão (SIP)	27
2.6.2.2	Protocolo H.323	29
2.6.2.3	Protocolo de controle de portal de mídia (MGCP)	31
2.6.2.4	Protocolo H.248	33
2.6.2.5	Comparação entre os protocolos H.323, H.248 e SIP	35
2.6.3	Funcionalidades do NGN	37
2.6.4	Arquitetura de uma Rede NGN	38
2.6.5	Qualidade de Serviço (QoS) no NGN	39
2.6.6	Gerenciamento das redes de Segurança	40
2.7	IMS	41
2.7.1	Uso de IMS em redes NGN	43
2.8	REDES HETEROGÊNEAS	44
2.8.1	Tipos de nós utilizados em hetnets	45
2.8.1.1	Macro Células	46
2.8.1.2	Micro Células	48
2.8.1.3	Pico Células	49
2.8.1.4	Femto Célula	50
2.8.2	Soluções sem fio	52
2.8.3	Backhaul	52
2.8.3.1	Linhas de fibra óptica e linhas alugadas	57
2.8.3.2	Microondas (3-30 GHz)	58
2.8.3.3	Onda Milimétrica	58
2.8.3.4	Surgimento de soluções específicas para as implantações de pequenas células	59
2.8.3.5	Coexistência de múltiplas soluções	60
2.8.3.6	Fibra e Wireless	61
2.8.3.7	LOS e NLOS	61
2.8.3.8	Implantações de pequenas células LTE	61
2.8.3.9	Compartilhamento de infraestrutura necessária para reduzir o TCO	62
2.9	SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS - DAS	63

3	DESENVOLVIMENTO	69
3.1	TRANSMISSÕES NA COPA.....	69
3.2	GLOBALIZAÇÃO DAS TELECOMUNICAÇÕES.....	73
4	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

Diariamente ocorre o aumento do uso de dispositivos móveis com novos modelos desafiando a tecnologia e a velocidade de transmissão de dados. Com esse avanço tecnológico muitas são as oportunidades que aparecem. O Brasil está praticamente começando a utilizar a tecnologia 4Ge de início surgem grandes desafios, o país foi sede da Copa do Mundo FIFA 2014 e será sede dos jogos olímpicos RIO 2016, ou seja, a infraestrutura de telecomunicações no Brasil será testada como nunca antes foi.

Outro fato é que no Brasil, nos últimos anos, a transmissão de dados está ganhando importância em relação à transmissão de voz. Com isso, não só os estádios e arenas que sediaram os eventos esportivos, mas também *shopping centers* e outros ambientes fechados precisaram rever sua infraestrutura de rede, pois mais usuários utilizando maiores taxas de transmissão necessitariam do suporte de serviços de voz, dados e vídeo, tudo isso seguindo procedimentos para realizar todas as adaptações necessárias seguindo requisitos exigidos pela FIFA.

A primeira Copa do Mundo a ter sua transmissão ao vivo foi a de 1970, ocasião na qual se exibiu a imagem da seleção brasileira tricampeã a todo o planeta. Na próxima copa em 1974 que ocorreu na Alemanha a evolução foi a TV em cores. As transmissões digitais só começaram a ocorrer em 1998 quando a França sediou o evento, mas o estopim da nova tecnologia aconteceu mesmo em 2006, onde mais uma vez a Alemanha se sobressaiu e os aparelhos celulares deixaram de ser apenas um telefone móvel pessoal e passaram a ser um dispositivo para os telespectadores assistirem as partidas. Na penúltima Copa do Mundo, na África do Sul, essa tecnologia se tornou uma realidade e os televisores novamente ganharam destaques devido às transmissões com imagens em alta definição e em alguns casos em 3D. Na Copa do Mundo de 2014, o Brasil apresentou o Projeto 2014K, uma tecnologia onde a qualidade é quatro vezes mais definida que a Full HD.

“Quando o país desenvolve um sistema para transmissão dos jogos em alta qualidade, em 3D e com compatibilidade com diversas mídias, significa que ele construiu uma infraestrutura tecnológica que, depois da Copa,

será um legado permanente e servirá para novos negócios.
(NELSON WORSTMAN, 2014)

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho de pesquisa em questão compreende uma proposta para entender o modelo de redes convergentes, entender as novas tecnologias de telecomunicações e como ocorreu a transmissão de dados durante o evento Copa do Mundo 2014.

Os estádios que sediaram os jogos não possuíam toda a tecnologia necessária de acordo com os padrões FIFA, alguns que haviam sediado a Copa das Confederações já possuíam a infraestrutura de rede própria baseada em redes convergentes, porém, para que os visitantes pudessem utilizar a rede com um melhor desempenho foram necessárias adaptações para aperfeiçoar a transmissão de dados. Para instalação de novas tecnologias e melhorias firmaram-se parcerias com empresas de Tecnologia da Informação (TI) e com as operadoras de telefonia para alcançar os objetivos.

1.2 PROBLEMA

A América do Sul sempre esteve atrasada em relação às tecnologias disponíveis para a transmissão de dados, não atendendo a necessidade e expectativas dos usuários. Considerando a Copa do Mundo o maior evento esportivo do mundo, para receber estrangeiros acostumados a utilizar melhores tecnologias foram necessários estudos e análises de planos estruturais para atender às exigências, principalmente em estádios onde a concentração de pessoas seria maior e conseqüentemente maior seriam as taxas e problemas de transmissão. A fim de evitar tais problemas, alguns tópicos tornaram-se de extrema importância:

- Como as operadoras aumentaram a intensidade do sinal dentro dos estádios?

- Alguns estádios optaram por oferecer serviço de Wi-Fi próprio. Como foi o desempenho desse serviço?

- Tratando-se de transmissão de imagem, o grande avanço tecnológico esperado para a Copa do Mundo 2014 foi a transmissão em 4K. Como ela ocorreu?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar as tecnologias utilizadas dentro dos estádios para entregar aos visitantes serviços de voz, dados e vídeo em redes convergentes.

1.3.2 Objetivos específicos

- Apresentar modelo de rede em ambientes fechados;
- Apresentar a Convergência de redes IP;
- Apresentar como as operadoras atenderam o público alvo;
- Apresentar como as operadoras recebem o sinal e retransmitem em 3G e 4G;
- Apresentar como funciona o suporte de voz, dados, vídeo e áudio na rede dentro estádio.

1.4 JUSTIFICATIVA

Com a globalização da tecnologia aumenta o número de dispositivos móveis a utilizar serviços de voz e dados. Para as operadoras entregarem um serviço

satisfatório dentro dos padrões da Anatel, são necessários estudos para implantações e melhoramentos de estruturas de telecomunicações.

1.5 METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa compreende um estudo de caso, que foi desenvolvido para entendimento da tecnologia de transmissão de dados, uma vez que existem muitas dúvidas em relação à abrangência de área e qualidade de sinal.

O método utilizado para alcançar os resultados pode ser resumido da seguinte forma: foi feito o levantamento bibliográfico para fundamentação teórica e uma visita ao estádio para entender as tecnologias abordadas, confirmando o benefício da utilização de redes convergentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta proposta de trabalho contempla a combinação de atividades técnicas e de gestão. Para compreender os conteúdos técnicos envolvidos para a implantação do sistema de antenas distribuídas (*Distributed Antenna System* - DAS) dentro de um estádio, que nada mais é que um sistema de redes convergentes, serão apresentados números relativos a Copa do Mundo 2014 e princípios dessa nova tecnologia promissora que já pode ser encontrada em grandes empreendimentos.

2.1 TECNOLOGIA 4K

Um novo conceito em qualidade de imagem é formado agora após a transmissão de alguns jogos da Copa do Mundo 2014 em 4K. A tecnologia é nomeada assim por garantir uma definição quatro vezes maior (3840 x 2160 *pixels*) do que a *Full HD* (1920x1080 *pixels*). A imagem em HD tem mais de 2 milhões de *pixels* enquanto a imagem em 4k conta com aproximadamente 8,3 milhões (Tecmundo, 2014).

Uma maior quantidade de *pixels* aumenta a nitidez da imagem, revelando detalhes que antes eram imperceptíveis, além de tornar possível assistir em telas maiores sem precisar se distanciar muito do aparelho.

2.1.1 Funcionamento do sistema

Para assistir a uma imagem em 4K é necessário que ela seja gravada com câmeras que também possuam essa tecnologia. Para transmitir um jogo em HD são necessárias 41 câmeras filmadoras para exibir uma partida ao vivo na TV. Para a transmissão dos jogos em 4K são necessárias apenas 12 câmeras espalhadas pelo estádio conforme disposição da figura 01.



Figura 1 - Disposição das câmeras de transmissão 4K
Fonte: Canaltech, 2014.

A Globosat foi responsável por montar a primeira unidade Móvel de televisão de ultra alta definição (*Ultra High Definition Television - UHD TV*). “Além do monitoramento, houve um grande impacto na parte de infraestrutura. Foram necessários *switches* e *routers* de maior capacidade e um grande cuidado com o ajuste de *timing* dos equipamentos”, conta o gerente de Tecnologia e Engenharia da Globosat, Lourenço Carvano (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2014).

Cada uma das câmeras Ultra HD é conectada através de fibras óticas a um decodificador correspondente no caminhão e os decodificadores enviam as imagens para diversos lugares para realizar os ajustes necessários para que a imagem chegue igual ao telespectador. Ainda são utilizadas algumas imagens em HD que são convertidas para 4K, a qualidade não é a mesma gerada por um câmera 4k, mas o resultado é satisfatório.

2.1.2 Desafios

A tecnologia Ultra HD já está bem desenvolvida, faltando apenas alguns detalhes para que ela seja comercializada em grande escala. Faltam fabricar decodificadores das TVs a cabo e aperfeiçoar a tecnologia de transmissão por rádiosfreqüências para transmissões móveis como a da câmera de um helicóptero. A dificuldade maior desse tipo de transmissão é a quantidade de dados, que é muito grande e leva mais tempo para o processamento, são 90 *megabites* comprimidos em 30 *megabites*. No entanto, o *delay* não é grande, o tempo de espera é semelhante ao de um sinal digital comum pois o sinal Ultra HD é captado, tratado e transmitido via satélite enquanto as imagens em HD seguem por cabo até uma central da IBC (*International Broadcast Center*) para depois serem enviadas a telespectadores do mundo inteiro.

2.4 QUALIDADE DE SERVIÇO

Segundo *Technical Report TR-126*, QoS (*Quality of Service*) é uma medida de desempenho no nível do pacote a partir da perspectiva de rede. QoS também se refere a um conjunto de tecnologias (mecanismos QoS) que permitem que o operador de rede gerencie os efeitos do congestionamento no desempenho do aplicativo, bem como proporcionar atendimento diferenciado ao tráfego de rede selecionada pela qual flui ou para usuários selecionados. Os principais parâmetros de QoS são:

- **Atraso:** O atraso de propagação corresponde ao tempo necessário para a propagação do sinal elétrico ou propagação do sinal óptico no meio utilizado (fibras ópticas, satélite, coaxial e outros). Este é um parâmetro imutável e o gerente de rede não tem nenhuma influência sobre ele. O intervalo de tempo em que um pacote sai da origem e chega ao seu destino, quando elevado, pode causar perda de sincronização.
- **Jitter (Variação no Atraso):** O *jitter* é importante para as aplicações executadas em rede, cuja operação adequada depende de alguma forma da

garantia de que as informações devam ser processadas em períodos de tempo bem definidos. Do ponto de vista de uma rede IP, o *jitter* pode ser entendido como a variação no tempo e na sequência de entrega das informações (ex.: pacotes) devido à variação na latência (atrasos) da rede.

- Taxa de transmissão: A taxa de transmissão de um canal ou meio físico é a quantidade de *bits* que a esse meio consegue transmitir por segundo. Esta taxa pode ser expressa em *bits* por segundo (bps: *bits per second*), *Kylobits* (Kbps), *Megabits* (Mbps) ou *Gigabits* (Gbps) por segundo. As taxas de transmissão entre dois equipamentos dependem de vários fatores, tais como:
 - Características dos cabos utilizados;
 - Quantidade de tráfego de mensagens provenientes dos vários nós da rede;
 - Utilização de largura de banda para transmissão de um só ou vários fluxos de mensagens ao mesmo tempo (multiplexação);
 - Taxas máximas de transmissão dos modems ou outros dispositivos de comunicação; etc.
 - Taxa de Perda de Pacotes: A perda de pacotes tem influência na qualidade de serviço e pode causar o estouro de *buffers* em roteadores e *switches*.

- Vazão: A vazão (banda) é o parâmetro mais básico de QoS e é necessário para a operação adequada de qualquer aplicação. Em termos práticos, as aplicações geram vazões que devem ser atendidas pela rede.

2.5 QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA

A qualidade de experiência (QoE) e QoS são frequentemente usados como sinônimos, mas são, na verdade, dois conceitos distintos. Qualidade de experiência (QoE– *Quality of Experience*) é um parâmetro que representa o desempenho global do sistema, a partir o ponto de vista dos usuários. QoE é uma medida de desempenho *end-to-end* ao nível dos serviços a partir da perspectiva do usuário e

uma indicação de quão bem o sistema atende às necessidades do usuário. (ARCHITECTURE & TRANSPORT WORKINGGROUP, 2006).

Para os usuários, o que importa é como um serviço satisfaz os seus objetivos e expectativas – a sua qualidade de experiência.

O fluxograma da figura 2 mostra o efeito da aplicação da QoS e seu reflexo na QoE, onde se ajustam os parâmetros de QoS em função das necessidades do usuário final. O fluxograma mostra:

- Exigências e análise do usuário final;
- Definição de aplicativos e requisitos de qualidade da experiência (QoE);
- Garantia do serviço fim-a-fim, arquitetura de rede e requisitos de desempenho para o usuário final;

Como pode ser visto na figura 2, o usuário avalia o grau de qualidade. Se a QoE não obtiver o resultado desejável para o cliente, então a QoS deverá ser ajustado pelo provedor.

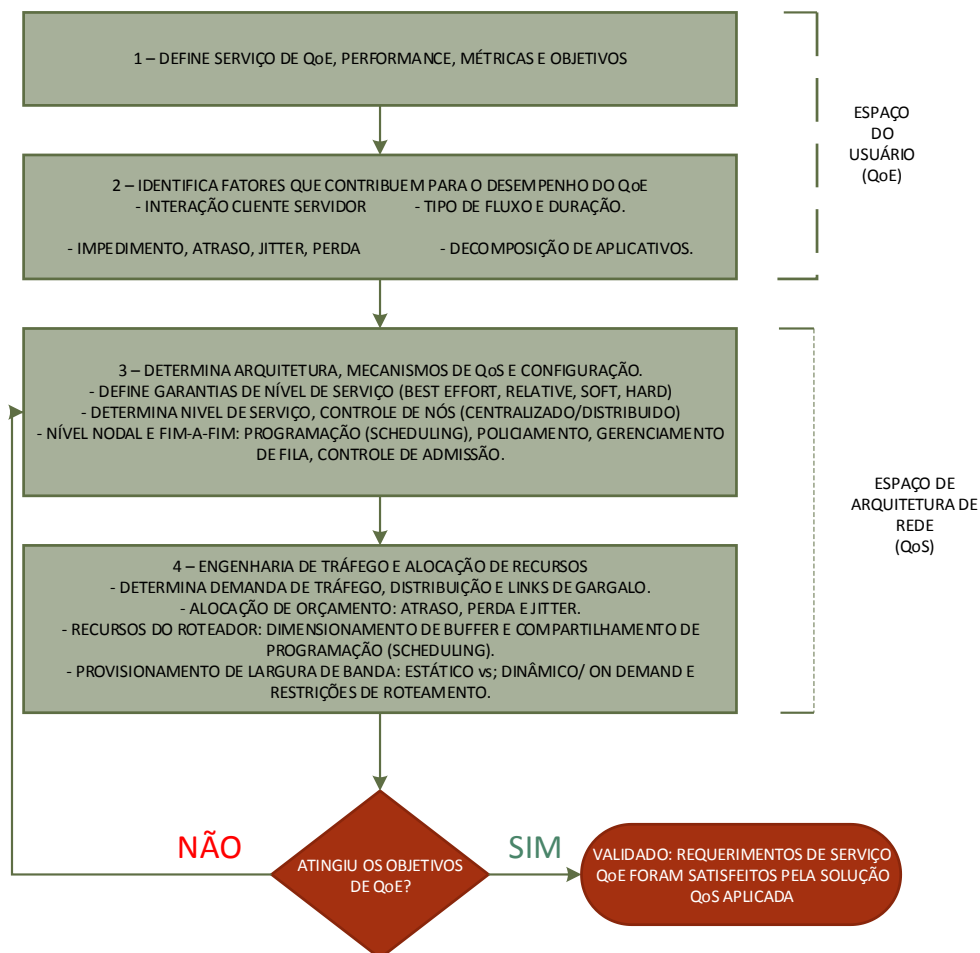


Figura 2 - Interdependência QoS e QoE, figura adaptada da TR-126
Fonte: Architecture & transport working group, 2006.

2.6 Next Generation Networks (NGN)

O crescimento explosivo do tráfego de dados tem provocado grandes mudanças nas redes de telecomunicações atuais.

Segundo Sverzut (2008), o tratamento de serviços de voz e dados por redes distintas não é mais justificado, devido a convergência desses tipos de serviços em uma única rede.

A figura 3 apresenta um alguns dos serviços que podem convergir em uma rede NGN.

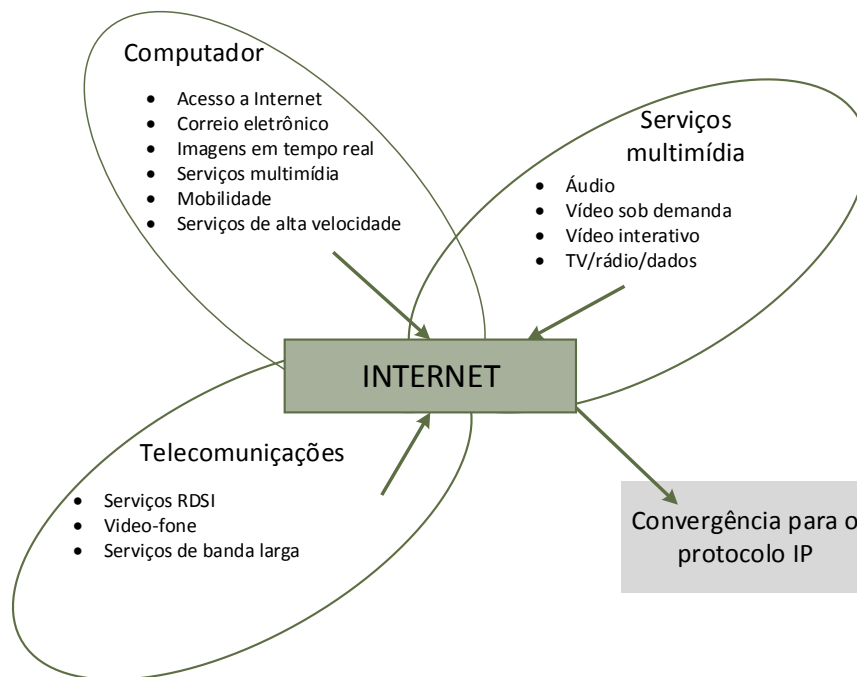


Figura 3 - Convergência entre os serviços de voz e dados
Fonte: SVERZUT, 2008.

Segundo a ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*), “NGN é uma rede baseada em pacotes que deve prover serviços, incluindo os de telecomunicações, e com capacidade de fazer uso da banda larga múltipla, tecnologias para o transporte de QoS e funções relacionadas aos serviços que devem ser independentes da tecnologia associada à camada de transporte. A rede NGN deve fornecer acesso irrestrito aos usuários para

os diferentes provedores de serviços, suportando mobilidade, que irá permitir a oferta de serviços de maneira universal e consistente aos usuários”.

A ideia central da rede NGN é o transporte dos serviços *triple play* (voz, dados e vídeo) por meio de pacotes, por exemplo, pacotes IP ou células ATM (*Asynchronous Transfer Mode* – Modo de transferência assíncrono) (SVERZUT, 2008).

Segundo Salina (2008), o conceito de NGN, foi desenvolvido como solução para operadoras de telecomunicações enfrentarem os desafios de competição e tecnologia, mas traz o potencial de agregar mais para os seres humanos do que é possível imaginar atualmente. Conectando todo mundo e todas as coisas no planeta, transoceânico e no espaço, a NGN oferece a possibilidade de melhorar a qualidade de vida e trazer novas experiências para as pessoas.

Segundo Fagundes (2004), não há uma definição única para uma NGN, pois as características de sua implementação podem variar. Essas diferentes características são resultado de:

- Várias tecnologias convergentes;
- Vários padrões que competem entre si ou especificações de diferentes padrões;
- Vários fornecedores e provedores de telecomunicações que utilizam diferentes tecnologias que competem em mercados não regulamentados;
- Várias definições de serviços com diferentes QoS.

Considerando as recomendações da ITU-T, classifica-se as seguintes redes NGN em:

- Equipamento *Softswitch*: Permite a integração com os diferentes protocolos utilizados nas redes NGN e sua principal função é permitir a convergência entre os serviços de voz e dados. É o primeiro passo para a implementação de uma rede totalmente aplicada à comutação por pacotes, com o transporte do serviço de voz sobre o protocolo IP (VoIP) (SVERZUT, 2008);
- Subsistema Multimídia IP (*IP Multimedia Subsystem* - IMS): É uma arquitetura NGN padronizada para implementação dos serviços multimídia Internet. Foi desenvolvido inicialmente para ser uma rede convergente aplicada às redes

de telefonia móvel, porém também será aplicada nas Redes de Telefonia Pública Comutada (RTPC), implementando a chamada convergência entre redes de telefonia fixa e móvel (FMC – Fixed Mobile Convergence) (SVERZUT, 2008).

2.6.1 Características básicas do NGN

O termo NGN é comumente utilizado como um nome que possibilita a escolha de provisionamento de serviços de infraestrutura que estão sendo inicializados em telecomunicações.

O NGN é caracterizado pelos aspectos fundamentais:

- Transferência básica de pacotes;
- Separação dos controles de funções de capacidade, sessão de chamadas e serviços/aplicativos;
- Provisionamento de interfaces abertas,
- Suporte a uma larga faixa de serviços, aplicativos e mecanismos baseados na construção de blocos (incluindo *real time*, *streaming*, *non-real time* e multimídia),
- Capacidades de banda-larga, QoS e transparência ponto-a-ponto na rede;
- Mobilidade total;
- Ilimitados serviços a serem oferecidos aos usuários;
- Uma variedade de esquemas de identificação que podem resolver problemas de endereçamento IP, com a proposta de roteamento IP na rede;
- Vários meios de acesso a um determinado serviço para os usuários;
- Convergência dos serviços oferecidos nas redes fixa e móvel;
- Abrangência de todos os requisitos regulatórios para serviços importantes como: emergência, segurança, privacidade, entre outros.

2.6.2 Protocolos utilizados na Rede NGN

Desde que o TCP/IP tornou-se um protocolo estratégico, muitos esforços estão sendo feitos para conceber novas funções e aumentar seu desempenho. Novos protocolos, incluindo protocolos padronizados e proprietários, estão sendo introduzidos quase tão rápido quanto eles estão sendo desenvolvidos. Esses protocolos são a chave para consolidar a convergência das redes.

Segundo Sverzut (2008), as redes NGN são baseadas nas tecnologias de transporte Internet, incluindo os protocolos IP (*Internet Protocol*) e MPLS (*Multi Protocol Label Switching*). No nível de aplicação, é utilizado o protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*).

A nova geração de redes de telecomunicações (NGN) utiliza vários protocolos, cada um aplicado a um determinado tipo de serviço, conforme apresenta a figura 4.

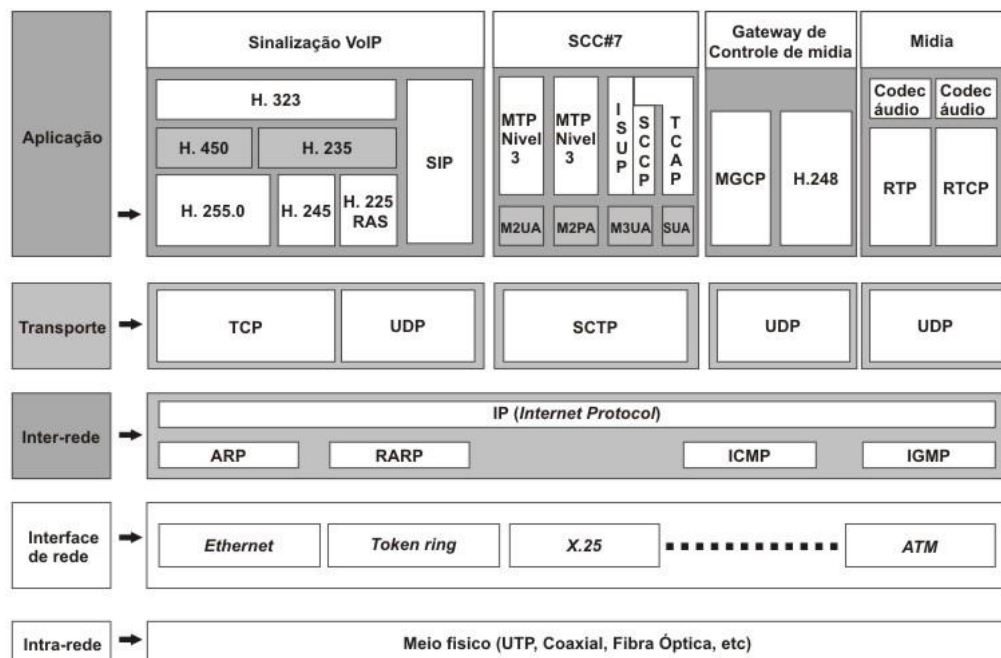


Figura 4 - Protocolos presentes na rede NGN
Fonte: SVERZUT, 2008.

Observação importante: Os *codecs* de áudio e vídeo não são protocolos e sim codificadores/decodificadores de mídia.

Os principais protocolos utilizados no NGN são o protocolo SIP, H.323, H.248/MEGACO e o protocolo MGCP. Esses protocolos e seus elementos serão abordados nos itens 2.6.2.1, 2.6.2.2, 2.6.2.3 e 2.6.2.4.

2.6.2.1 Protocolo de inicialização de sessão (SIP)

O protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) foi padronizado pela IETF (*Internet Engineering Task Force*) e é um protocolo de controle de camada de aplicação que permite o estabelecimento, modificação e liberação de sessões interativas de usuários com a rede NGN, envolvendo elementos multimídia como: voz, vídeo, mensagens instantâneas, jogos on-line e realidade virtual.

O SIP é um protocolo estruturado em camadas independentes, como é mostrado na figura 5, e cada camada é responsável pela execução de funções específicas.

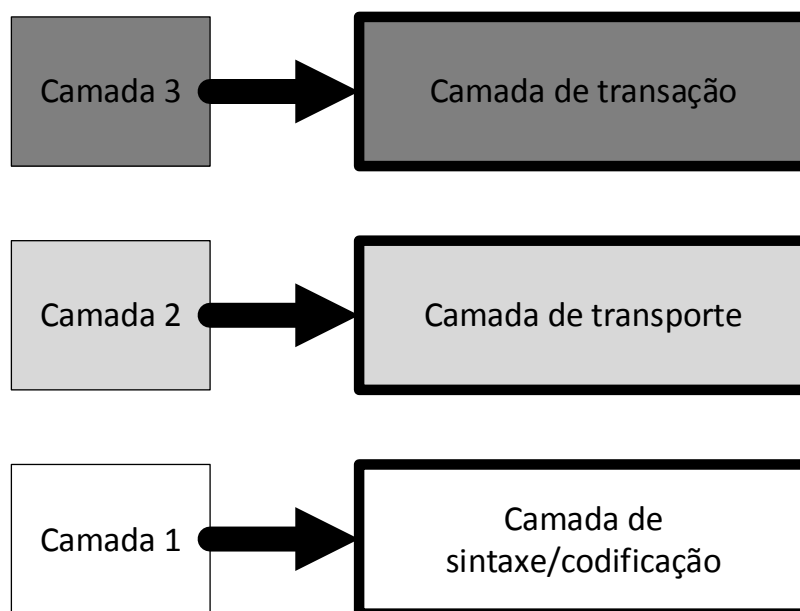


Figura 5 - Estrutura do protocolo SIP

Fonte: SVERZUT, 2008.

A camada de transação é o componente fundamental do protocolo SIP, responsável pelo tratamento das requisições e respostas às requisições. Uma transação pode ser entendida como uma requisição de serviço iniciada de um cliente

para um servidor e a subsequente resposta a essa requisição é retornada por esse mesmo servidor (SVERZUT, 2008).

A camada de transporte define como um cliente envia uma requisição e recebe a resposta a essa requisição e como um servidor recebe e envia uma resposta através da rede SIP. Todos os elementos da rede SIP devem ter uma chamada de transporte.

A camada de sintaxe e codificação é responsável pela formatação e codificação dos comandos provenientes das chamadas superiores. A linguagem de tratamento de comandos é chamada BNF (*Backus-Naur Form Grammar*).

A arquitetura do protocolo SIP é implementada pelas entidades de rede servidor *proxy* (*Proxy Server*), servidor de redirecionamento (*Redirect Server*) e servidor de localização (*Location Server*), conforme mostra a figura 6.

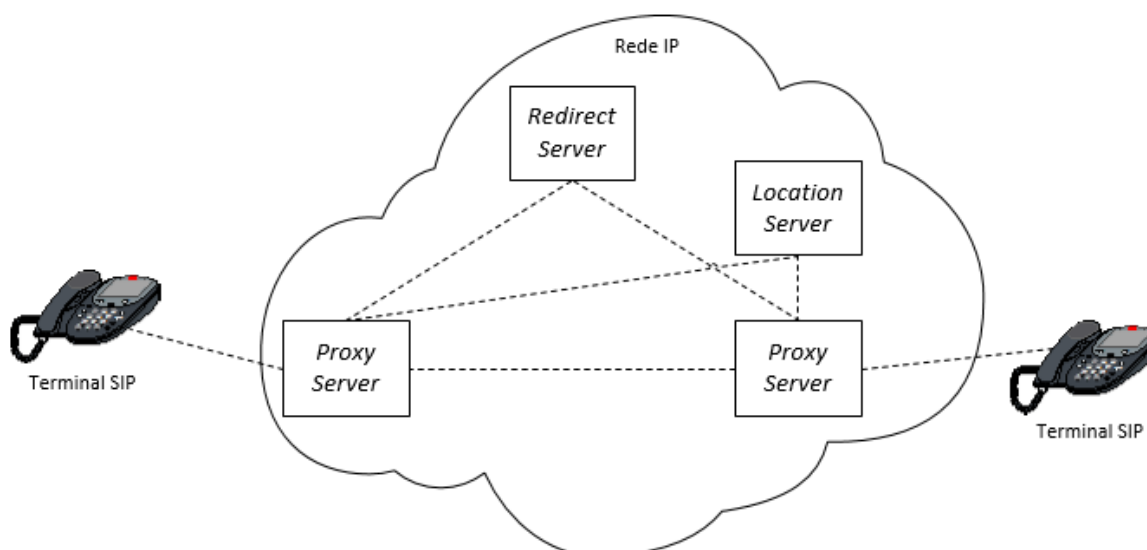


Figura 6 - Exemplo de entidades SIP
Fonte: SVERZUT, 2008.

A entidade servidor *proxy* (*Proxy Server*) é responsável por contatar um ou mais clientes ou servidores do próximo *hop* e pelo transporte da requisição associada à sessão. O *Proxy Server* é formado pelo cliente do agente usuário (*User Agent Client - UAC*) e servidor do agente usuário (*User Agent Server - UAS*).

O UAC é uma aplicação de usuário de origem que inicia e envia requisições SIP.

O UAS está associado ao usuário de destino e é uma aplicação que se comunica com o usuário de destino quando uma requisição SIP é recebida, a qual

deve ser tratada e respondida, retornando como resposta: requisição aceita, redirecionada ou rejeitada.

O *Redirect Server* (servidor de redirecionamento) é responsável pelo tratamento das requisições SIP, que as aceita, mapeia os endereços em novos endereços e retorna-os para os clientes.

O *Location Server* (servidor de localização) é responsável pelo fornecimento de informações sobre a localização dos clientes envolvidos em uma sessão de entidades *Proxy Server* e *Redirect Server*.

O *Register Server* (servidor de registro) é responsável por aceitar as requisições de registro de usuários (*Register Request*).

2.6.2.2 Protocolo H.323

O Sistema de comunicação multimídia baseado em pacotes (H.323) é parte da família de recomendações ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*). A recomendação H.323 tem o objetivo de especificar sistemas de comunicação multimídia em redes baseadas em pacotes (*Packet Based Network - PBN*) que não fornecem a garantia da qualidade de serviço (QoS). Além disso, estabelece padrões para codificação e decodificação de fluxos de dados de áudio e vídeo. Dentre essas podem-se citar as redes locais (LAN), metropolitanas (MAN) e *Internet*.

Nas redes baseadas em pacotes que utilizam o protocolo H.323, as entidades se comunicam por conexões ponto a ponto, segmento único de rede ou por múltiplos segmentos com topologias de redes complexas. As entidades H.323 podem utilizar configurações broadcast, ponto a ponto ou multiponto.

As redes H.323 fornecem e transportam áudio em tempo real (VoIP) e opcionalmente vídeo e comunicação de dados em conferências ponto a ponto ou multiponto. São capazes de prover a interconexão com outras séries de terminais H, tais como terminais de voz fixos tradicionais (*General Switched Telephone Network - GSTN*) e RDSI e terminais de dados GSTN e RDSI. Essa interconexão é implementada utilizando-se a entidade gateway. A figura 7 ilustra as entidades H.323.

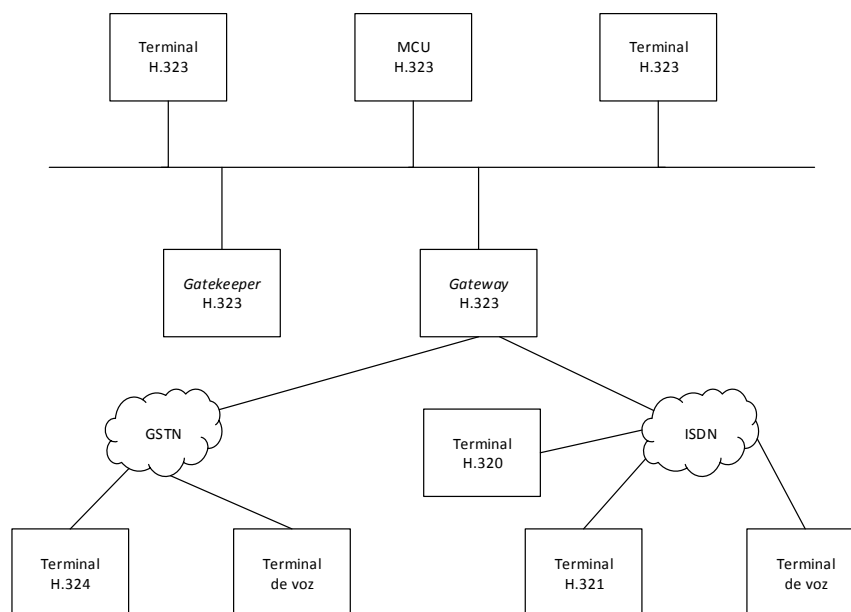


Figura 7 - Elementos do protocolo H.323

Fonte: SVERZUT, 2008.

O Terminal H.323 (TE) é um componente da rede que provê comunicação em tempo real com outro TE H.323, *Gateway* (GW) ou MCU (*Multipoint Control Unit*). A comunicação consiste de controle, indicações, áudio, vídeo, e ou dados entre os dois pontos finais (*end points*). Um terminal pode estabelecer uma chamada diretamente com outro terminal ou através da ajuda de um *Gatekeeper* (GK).

O *Gatekeeper* (GK) é uma entidade H.323 na rede que provê tradução de endereços e controla o acesso (autorização e autenticação) à rede dos terminais H.323, GWs, e MCUs. Os GKs podem comunicar-se entre si para coordenar seus serviços de controle. O GK também provê serviços para os terminais, GWs e MCUs como gerenciamento de banda, localização de GWs e *billing*. A função do GK é opcional em sistemas H.323. Ele é logicamente separado das outras entidades H.323, mas pode coexistir fisicamente com terminais, GWs ou MCUs. A presença dele no sistema H.323 provê as seguintes funções:

- Tradução de endereços: O GK traduz endereços fictícios (ex: números E.164 de telefone convencional) para endereços de transporte (endereço IP e porta) usando a tabela de tradução que é atualizada através das mensagens de registro e outros modos;

- Controle de admissão: O GK autoriza o acesso à rede usando mensagens H.225. Critérios de admissão incluem autorização de chamada, largura de banda, e outras políticas;
- Controle de banda: O GK controla quanto de banda cada terminal pode usar;
- Gerência de zonas: Uma vez registrado em um GK, um TE não pode se registrar em outro GK, ou seja, um TE pode se registrar em apenas um GK por vez. O GK provê as funções descritas acima para os TEs e GWs registrados nele.

Um *Gateway* (GW) H.323 é um componente da rede que provê comunicação em tempo real entre terminais H.323 e terminais de outras redes como PSTN, PLMN, etc.

O *Multipoint Control Unit* (MCU) é um componente da rede que provê a funcionalidade de três ou mais terminais e GWs participarem de uma conferência multiponto.

2.6.2.3 Protocolo de controle de portal de mídia (MGCP)

O protocolo MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) foi padronizado pela IETF sob a recomendação RFC 3435 e, atualmente, muitos fabricantes de equipamentos de telecomunicações continuam a desenvolver equipamentos o baseados no protocolo MGCP, pois há uma grande base de equipamentos instalada. (SVERZUT, 2008)

A arquitetura do protocolo MGCP é implementada pelas entidades de rede portal de mídia (*Media Gateway-MG*) e controlador do portal de mídia (*Media Gateway Controller- MGC*), conforme mostra a figura 8.

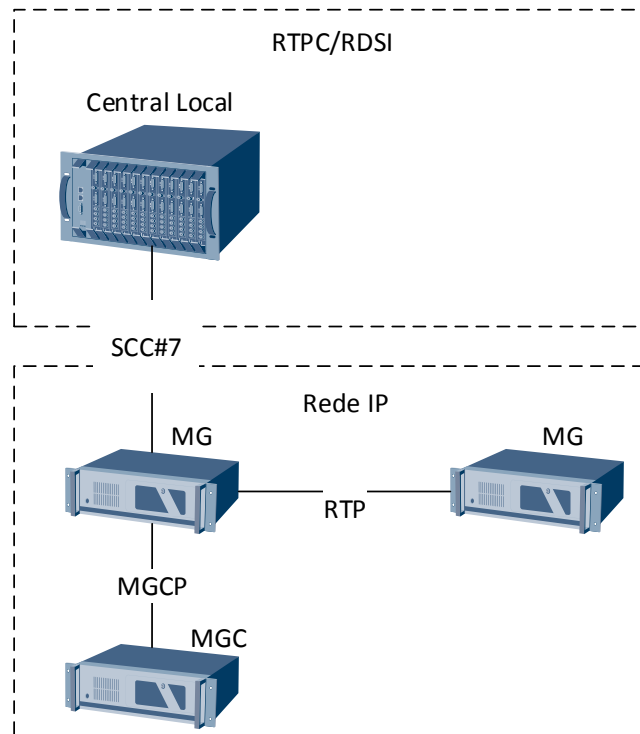


Figura 8 - Entidades MGCP
Fonte: SVERZUT, 2008.

O portal de mídia transporta a mídia propriamente dita (voz, dados e vídeo) entre as redes IP e RTPC ou RDSI. Do lado da rede IP os fluxos de dados de voz são encapsulados no canal PCM de 64 Kbits/s da Sinalização por Canal Comum nº 7 (SCC#7).

Entre as principais funções da entidade MG estão a transmissão do sinal de voz sobre o protocolo RTP, alocação do canal PCM com 32 canais sob o comando da entidade MGC como resultado das mensagens (comandos) do protocolo MGCP, suporte aos protocolos de sinalização das redes legadas RTPC/RDSI (E&M, R2 digital e ISUP) e a gerência dos enlaces PCM (SVERZUT, 2008).

O portal de mídia também pode ser classificado com o tipo de conexão:

- Portal de mídia de troncos (*Trunk GateWay* - TGW): implementa os troncos MGCP;
- Portal de mídia residencial (*Residential GateWay* - RGW): implementa o terminal residencial do usuário MGCP;

Segundo Sverzut (2008), o controlador de portal de mídia (*Media Gateway Controller* - MGC) é responsável pelo controle dos comandos enviados à MG com o objetivo de associar a sessão do protocolo RTP ao correspondente canal PCM de 64 Kbits/s (SCC#7). Normalmente o MGC é chamado de agente de chamada (*Call*

Agent - CA), devido a capacidade de desempenhar as funções das mensagens de controle no estabelecimento, manutenção e liberação de uma chamada ou sessão.

As principais funções do MGC são:

- Funções de controle de chamada;
- Estabelecimento da chamada de voz;
- Execução do protocolo de controle de mídia (MGCP);
- Controle de classe de serviço associada à qualidade de serviço (QoS);
- Controle do protocolo SCC#7 sobre IP (SigTran);
- Geração dos bilhetes para tarifação (CDRs);
- Controle do gerenciamento de banda;
- Execução das funções de roteamento, incluindo mapeamento do padrão de dígitos E.164 para a porta, análise de dígitos e suporte para a tradução dos dígitos para as redes IP, ATM e FR.

2.6.2.4 Protocolo H.248

O protocolo de controle de portal de mídia foi padronizado pela ITU-T sob a recomendação H.248 e está, gradativamente, substituindo o protocolo MGCP. A primeira versão do protocolo H.248, adotada pela ITU-T, foi desenvolvida pelo IETF sob a denominação MEGACO (*MEdia Gateway COntrol protocol*) (SVERZUT, 2008).

O protocolo H.248 oferece os seguintes recursos adicionais em comparação com o MGCP:

- Suporta os serviços de conferência multimídia e multiponto;
- Melhora a sintaxe para executar a semântica de mensagem de forma mais eficiente;
- Suporta opções de transporte para TCP e UDP;
- Permite a codificação binária ou de texto.

O protocolo H.248 suporta uma grande variedade de sistemas de sinalização usados nas redes comutadas por circuito (*Switched Circuit Network* - SCN), tais como sinalização acústica, RDSI (ISDN), ISUP, GSM e QSIG (variante da sinalização SCC#7 para sistemas de comutação privados, por exemplo, a central PABX).

O modelo de conexão do protocolo H.248 descreve os elementos lógicos ou objetos internos da entidade MG que são controlados pela entidade MGC ou CA. Os principais elementos usados no modelo de conexão H.248 são as terminações (*terminations*) e contextos (*context*) conforme mostra a figura 9.

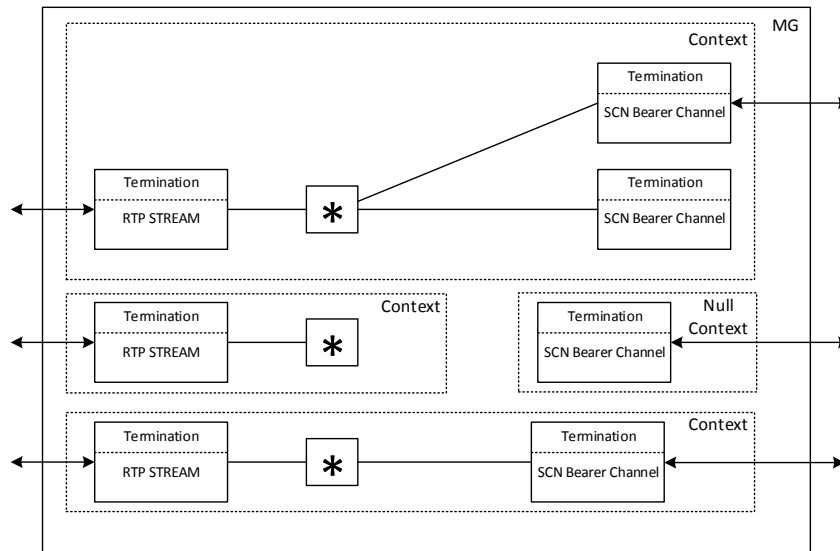


Figura 9 - Modelo de conexão do protocolo H.248
Fonte: SVERZUT, 2008.

O elemento contexto (*Context*) é uma associação entre um determinado número de terminações que descreve a topologia, o compartilhamento de mídia e os parâmetros de comutação quando houver mais de duas terminações envolvidas em uma associação.

Há um contexto especial chamado contexto nulo (*Null Context*), o qual contém terminações que não estão presentes em nenhum outro e que não está associado a nenhuma outra terminação. As terminações do contexto nulo podem ter os parâmetros examinados ou modificados e eventos detectados (SVERZUT, 2008).

Quando a entidade MGC não especifica um contexto já existente, no qual a terminação será associada, a entidade cria MG um novo contexto. Uma terminação só pode existir em um único contexto por período de tempo.

O número máximo de terminações em um contexto é definido pela entidade MG. Entidades MG que oferecem somente uma conexão ponto a ponto permitem no

máximo duas terminações por contexto. Entidades MG que suportam conferências multipontos permitem três ou mais terminações por contexto.

O elemento terminação (*Termination*) é uma entidade lógica da MG que gera, altera e controla fluxo de dados (*stream*). Uma terminação é descrita por um determinado número de propriedades, que são agrupadas em conjunto de descritores incluídos nos comandos. As terminações têm apenas uma única identidade de terminação (*Termination id*), alocada pela entidade MG no exato momento de sua criação (SVERZUT, 2008).

Existem dois tipos de terminações, a permanente, representada por uma porta analógica ou um canal PCM de 64 Kbits/s, e a intermitente, representada por um fluxo de pacotes RTP.

As terminações possuem propriedades, representadas por uma identidade de propriedade (*Property id*), que têm valores padrões explicitamente definidos na especificação do protocolo ou em pacotes.

As propriedades estão presentes nos comandos e respostas e são representadas por descritores.

Os descritores proveem a informação adequada para os elementos das camadas inferiores e podem ser usados de forma simples para implementar contextos associados a serviços (SVERZUT, 2008).

2.6.2.5 Comparação entre os protocolos H.323, H.248 e SIP

Os principais protocolos utilizados no NGN são o protocolo SIP, H.323, H.248/MEGACO e o protocolo MGCP e a principal diferença está no modelo de arquitetura de rede, conforme mostrado no quadro 1.

	H.323	H.248/MEGACO	MGCP	SIP
Organização de padronização	ITU	ITU/IETF	IETF	IETF
Arquitetura	Distribuída	Centralizada	Centralizada	Distribuída
Controle de chamada	Gatekeeper	<i>Call Agent</i> ou MGC (<i>Media Gateway Controller</i>)	<i>Call Agent</i> ou MGC	Proxy / <i>Redirect Server</i>
Ponto terminal (<i>end point</i>)	Gateway / Terminal	MG (<i>Media Gateway</i>)	MG (<i>Media Gateway</i>)	Agente de usuário (<i>User Agent - UA</i>)
Transporte de sinalização	TCP ou UDP	TCP ou UDP	UDP	TCP ou UDP
Recursos multimídia	Sim	Sim	Sim	Sim
Serviços suplementares	Providos pelo ponto terminal ou controle de chamada	Providos pelo agente de chamadas ou MGC	Providos pelo agente de chamadas ou MGC	Providos pelo ponto terminal ou controle de chamada

Quadro 1 - Principais diferenças entre os protocolos H.323, MGCP, H.248/MEGACO e SIP
Fonte: SVERZUT, 2008.

As arquiteturas centralizadas estão associadas aos protocolos H.248 e MGCP, desenvolvidos para o uso de um elemento de rede centralizado chamado controlador do portal de mídia (*Media Gateway Controller - MGC*) ou agente de chamada (*Call Agent - CA*), responsável pelo controle de chamada e comutação lógica. Nesse modelo, o elemento centralizado se comunica com o portal de mídia (*Media Gateway – MG*) que efetivamente conecta o sinal multimídia aos terminais de usuários.

As arquiteturas descentralizadas estão associadas aos protocolos H.323 e SIP, que permitem que a inteligência de rede seja distribuída entre os elementos MGC e MG.

Essa arquitetura é mais flexível, pois permite que aplicações VoIP sejam tratadas como qualquer aplicação IP. Esse modelo otimiza o desenvolvimento de novas aplicações, pois permite que parte da inteligência do sistema seja embarcada nos pontos terminais (SVERZUT, 2008).

2.6.3 Funcionalidades do NGN

O NGN pode prover a criação de infraestrutura e protocolos, entre outros, além da gerência de vários tipos de serviços que são ou não possíveis de existir. Os serviços poderão utilizar todo o tipo de mídia (áudio, vídeo, áudio-vídeo), com todos os tipos de esquemas e serviços de dados, voz, *unicast*, *multicast* e *broadcast*, mensagens de texto, transferência de dados, *real-time* e *non-real time*, sensibilidade a atrasos de pacotes e tolerância de erros. Podem ainda existir serviços com diferentes larguras de banda, onde podem demandar pouca ou muita banda, tendo assim garantia ou não desta banda, isto dependerá de como está sendo oferecido o serviço, mas lembrando que poderá ter total controle sobre o serviço oferecido.

A ênfase que o NGN aplica sobre a customização dos serviços para os provedores, tanto para os novos serviços, como os serviços oferecidos no legado, mostra assim uma característica de separar com independência os diversos tipos de dados que transitam pela rede, independente também do tipo de arquitetura da rede. As entidades de funcionamento do NGN são capazes de controlar a segurança, as mídias e recursos, distribuídos por toda a rede e em novas redes. Sendo assim a questão de protocolos entre uma rede, novas redes e o legado, também não atrapalha em nada o serviço oferecido na rede, pois o NGN tem a capacidade de identificar todos estes protocolos diferentes e tratá-los, independente do gateway que tenha conexão.

O NGN também suporta equipamentos de final de rede (usuários), como: telefones analógicos, fax, celulares, terminais GPRS, telefones *ETHERNETs*, *set top boxes* digitais, *cable modems*, entre outros. Para que haja a interconexão entre

essas diversas integrações, basta estar instalado na rede NGN, um de seus componentes (*MEDIA GATEWAY*) que fará o tratamento do tipo de sinal que tramita entre essas redes, para a rede IP.

Diante de tantos benefícios que a rede NGN oferece, é interessante que ocorra uma migração à exemplo, do serviço de voz, onde certos pontos deverão ser ajustados para que o serviço não perca em nada para o que é oferecido hoje no legado (garantias de: largura de banda, controle de *jitter*, atraso, perda de pacotes e segurança da informação). Este é o ponto em que muitos podem achar como a desvantagem do NGN, a migração dos equipamentos. Mas como foi especificado, o NGN é capaz de tornar uma rede muito mais robusta, aproveitando ao extremo suas redes legadas, porém é justamente nestes extremos que devem adequar totalmente as condições da rede NGN, para que possa aproveitar ao máximo o que a tecnologia pode oferecer.

2.6.4 Arquitetura de uma Rede NGN

O funcionamento do modelo de arquitetura para o NGN trabalha com os seguintes modos e protocolos concentrados em:

- Consideração ao uso geral referente aos modelamentos técnicos, para ajudar a identificar necessidades adicionais que suportam o NGN, compreendendo o estabelecimento de serviço junto com o domínio do operador ou em ambos os domínios dos operadores;
- Determinação de como está o serviço ponto-a-ponto, controle de chamadas e se o serviço móvel está sendo suportado entre as diferentes redes;
- Definição da funcionalidade dos mecanismos de upgrade dos softwares para os terminais NGN, redundância e evolução da redução de custo por terminal, negociações e gerência de versões (SVERZUT, 2008).

A figura 10 apresenta um panorama básico de camadas da arquitetura NGN, destacando os clientes, a rede (*backbone*), os gerentes de tráfego (*softswitch*) e os servidores de rede:



Figura 10 - Modelo básico de arquitetura NGN
Fonte: CASTRO, 2005.

2.6.5 Qualidade de Serviço (QoS) no NGN

O sistema requisita para ambos os caminhos, nos diferentes pontos finais da rede, a agregação do QoS para uma chamada e parâmetros de definição de melhora de protocolos são utilizados para controlar as piores situações de transporte e mecanismo de nível de QoS.

O controle do mecanismo de baixa de QoS é melhor dividido em dois tópicos:

- Vertical – protocolo de interligação de mecanismos de baixa e alta de QoS (diffserv);
- Horizontal – protocolo de interligação de mecanismos de baixo QoS entre diferentes domínios e redes.

O NGN trabalha com QoS ponto-a-ponto concentrado em:

- Completa definição de classe de QoS ponto-a-ponto para a telefonia, incluindo pacotes de voz entre as redes;
- Definição de uma nova classe de QoS ponto-a-ponto e um novo método de registro de classe de QoS de componentes individuais de mídia;
- Inter-domínio do controle de baixo QoS.

NGN é necessário para suportar QoS fim-a-fim através de diferentes redes de diferentes tecnologias de infraestrutura fornecidas por vários operadores para garantir o nível de serviço exigido para os usuários ou aplicativos.

NGN é necessário para suportar vários níveis de QoS, que podem ser negociáveis entre o usuário e o prestador e/ou entre os prestadores.

Suporte de nível de serviço QoS inclui o uso de recursos e controle de admissão mecanismos, diferenciação de classes de tráfego, gestão de prioridade, QoS mecanismos de sinalização, medição de desempenho e de gestão para o seguro de qualidade e controle de sobrecarga / congestionamento (SVERZUT, 2008).

2.6.6 Gerenciamento das redes de Segurança

O gerenciamento das redes NGN é concentrado em:

- Gerenciamento da arquitetura da rede e a definição básica de gerenciamento de redes de serviços, nas interfaces de requisição NGN, onde são detectados problemas de: falha, desempenho, carga, tráfego e gerenciamento de roteamento.
- Inclusão e aplicação de novos conceitos de arquitetura e novas tecnologias.

Já o fato que a segurança do NGN é inerente, mas nunca menos crucial que muitas outras áreas, portanto é importante atenção a sub-redes, por estarem mais suscetíveis a problemas de segurança.

No NGN, a segurança está inter-relacionada com a arquitetura, QoS, gerência de rede, mobilidade, construção e pagamentos.

Uma das mais significantes escolhas de design de segurança para o NGN é o fato que as redes não são longas e simples, como sistemas mono e com interfaces limpas.

O trabalho de padronização de segurança NGN é baseado em princípios de API que podem tornar a rede mais segura com a construção de componentes específicos NGN.

A segurança na rede NGN é concentrada em:

- Desenvolvimento de segurança da arquitetura NGN;
- Desenvolvimento de protocolos de segurança específicos e API's (plataformas de serviço).

As plataformas de serviço (API's) definem dois novos aspectos do NGN, que são a separação dos controles de serviço e provisionamento para sub-redes e a extensão de controles de serviço para a telefonia sobre multimídia.

As plataformas de serviço devem oferecer interfaces abertas, utilizando API's (PARLAY) e servidores Proxy, utilizando terceira partição de provedores de serviço, resultando em serviços que necessitarão de acessos por usuários finais e os mesmo conectaram entre as redes, naturalmente, onde os serviços ponto-a-ponto deverão ser acessados entre os usuários conectados por diferentes redes, utilizando diferentes provedores de serviço.

O NGN trabalha com plataformas de serviço concentradas em:

- Os mecanismos para suporte e provisionamento de serviços através de redes múltiplas entre os serviços de roaming e os serviços de interconectividade;
- Desenvolvimento de mecanismos para suporte da presença de usuários e controle de serviço customizado;
- Impacto dos usuários móveis sobre as plataformas de serviço.

Considerando a incrível distribuição natural do controle de funções nas arquiteturas NGN, necessitam de um estudo nos modelos de controle de rede:

- O processamento de mídia, transcodificação e transferência de informação;
- O controle de chamadas;
- O controle de serviços.

2.7 IMS

O subsistema multimídia IP (IMS) é uma coleção de entidades funcionais de núcleo de rede [ETSI TS 123 228], [TIA-873.002] para a manutenção dos serviços baseados em SIP. O subsistema IMS suporta o registro do usuário e do dispositivo de terminal em um local específico na rede. Como parte da inscrição, IMS suporta autenticação e outras medidas de segurança. IMS utiliza o controle baseado em SIP. Os serviços suportados pelo IMS podem incluir serviços de sessão multimídia e alguns serviços não-sessão, como serviços de presença ou serviços de troca de mensagens. (SVERZUT, 2008)

A arquitetura do subsistema IMS é formada pelas camadas de aplicação, controle e transporte dispostas conforme mostra a figura 11.

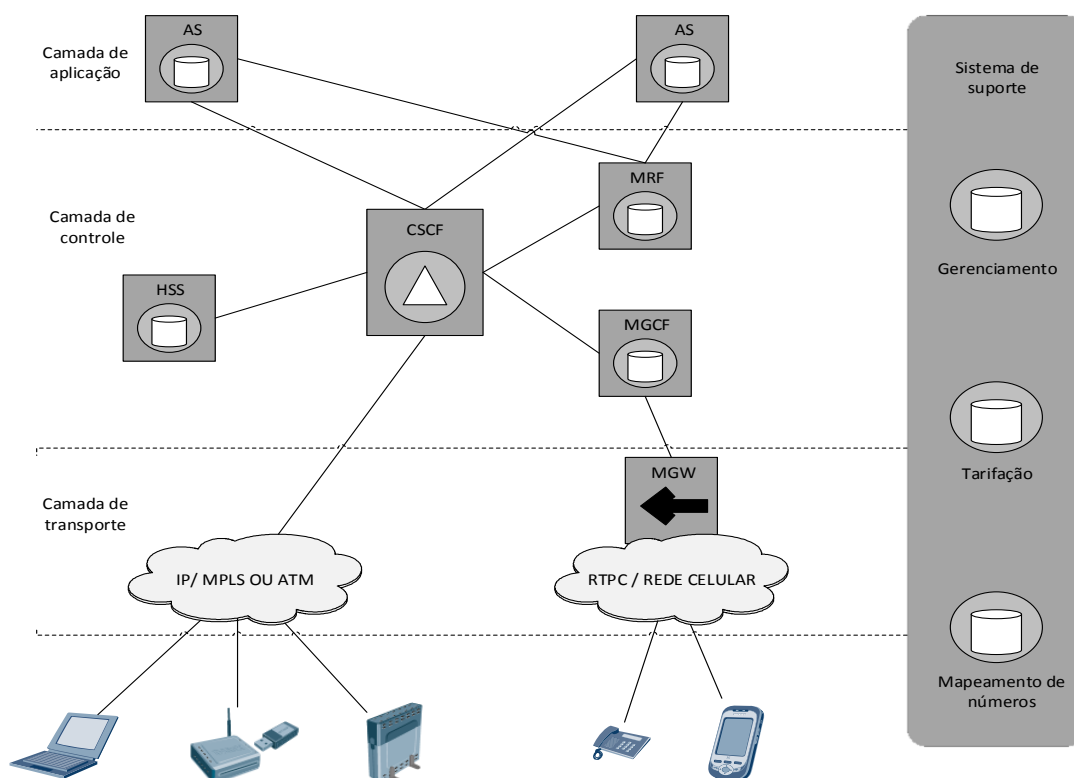


Figura 11 - Arquitetura básica do subsistema IMS
Fonte: SVERZUT, 2008.

A camada de aplicação é formada pelos servidores de conteúdo (*Application Server - AS*), responsáveis pela oferta de serviços de valor agregado aos usuários. A grande vantagem do IMS em relação às demais redes é a definição e implementação de novos serviços diretamente na camada de aplicação, especificamente nos servidores SIP, sem a necessidade de modificações ou adaptações.

A camada de controle é formada pelos servidores de controle de rede, responsáveis por gerenciamento, estabelecimento, modificação e liberação de chamadas ou sessões. Os servidores de controle de rede são:

- Função controle de sessão de chamada (*Call Session Control Function - CSCF*);
- Função recurso de multimídia (*Multimedia Resource Function - MRF*);

- Função controle de portal de mídia (*Media Gateway Control Function - MGCF*);
- Servidor de assinante local (*Home Subscriber Server - HSS*);

A camada de transporte é formada por roteadores (*routers*) e comutadores (*switches*) IP, MPLS ou ATM, responsáveis pela conexão com a rede de acesso e *backbone*.

2.7.1 Uso de IMS em redes NGN

O componente NGN de serviços multimídia IP (IMS) suporta a prestação de serviços multimídia baseados em SIP para terminais NGN. Ele também suporta a prestação de serviços de simulação PSTN / RDIS.

Esta cláusula fornece detalhes sobre o subsistema IP multimídia e à adaptação e extensão das especificações IMS para suportar tipos de redes de acesso adicionais, como aquelas baseadas em xDSL e WLAN. IMS e suas extensões suporta o seguinte:

- Controle de redes IP de acesso a conectividade (QoS, controle de admissão, autenticação, entre outros);
- Coordenação de múltiplos componentes de controle para um único transporte do núcleo para controle de recursos;
- Interoperabilidade e interoperabilidade com o legado e outras redes;
- Mútua dissociação das aplicações da sessão / controle de chamadas e dos transportes;
- Independência tecnologia de acesso de controle de sessão / chamada e aplicações.

2.8 REDES HETEROGÊNEAS

Assistir *streaming* de vídeos, fazer *upload* de fotos e usar serviços baseados na nuvem vão fazer altas demandas nas redes móveis. Ao mesmo tempo mais dispositivos serão ligados.

Uma tendência surgiu com a implantação heterogênea de nós de baixa potência dentro de macro células formando assim um novo paradigma de rede de comunicação conhecido como redes heterogêneas (*HetNets*).

Redes heterogêneas vão desempenhar um papel importante para criar uma experiência melhor ao cliente, especialmente em áreas congestionadas.

Segundo definição do 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), rede heterogênea é uma rede de acesso constituída por várias células com características diferentes.

“O tráfego de banda larga móvel está aumentando. Em paralelo, novos aplicativos estão aumentando as expectativas de taxas de dados mais altas tanto em *uplink* como em *downlink*. A criação de uma rede heterogênea com a introdução de nós de baixa potência é uma abordagem atrativa para atender estas demandas de tráfego e expectativas de desempenho. A combinação de nós de baixa potência com camadas macro melhores e mais densas é capaz de suportar tais volumes de tráfego e taxas de dados. A natureza da rede existente, assim como as considerações técnicas e econômicas, dita que abordagem – melhorar a camada macro, intensificar a camada macro ou adicionar nós de pico – ou combinação de abordagens atende melhor os objetivos de volume e taxa de dados” (LANDSTRÖM, Sara, FURUSKÄR, Anders, et al. 2011).

Rede heterogênea envolve uma combinação de tecnologias de rádio e diferentes tipos de células que trabalham em conjunto sem problemas, como mostra a figura 12.



Figura 12 - Exemplo de uma rede heterogênea.

Fonte: 4G Americas, 2012.

Os nós de baixa potência são geralmente conhecidos como *smallcells* (células pequenas), por exemplo, micro células (*microcells*), pico células (*picocells*), femto células (*femtocells*) e nós de retransmissão (*Relay Nodes - RN*).

Recentemente, femtocells e RNs têm atraído mais interesse de universidades e da indústria em comparação com outros tipos de células pequenas. A figura 13 mostra a comparação entre a cobertura de uma rede macro celular e uma rede heterogênea.

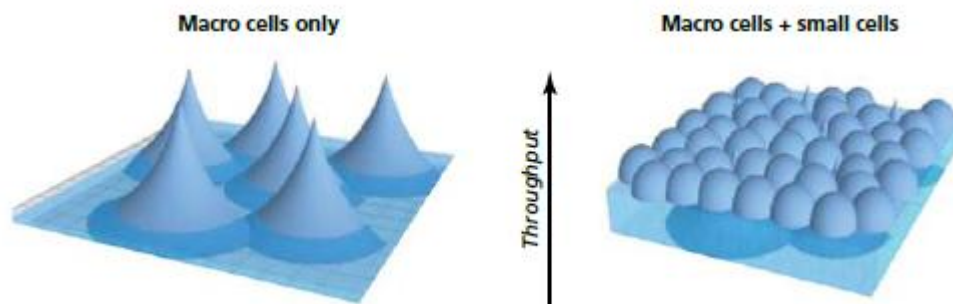


Figura 13 - Comparação de distribuição de cobertura de sinal entre macro células e macro células complementadas com células menores.

Fonte: Alcatel, 2014.

2.8.1 Tipos de nós utilizados em hetnets

Pode-se dividir as células de uma *hetnet* em dois tipos, as células maiores (*macro cells*) e as menores (*smallcells*) como mostra a figura 14.

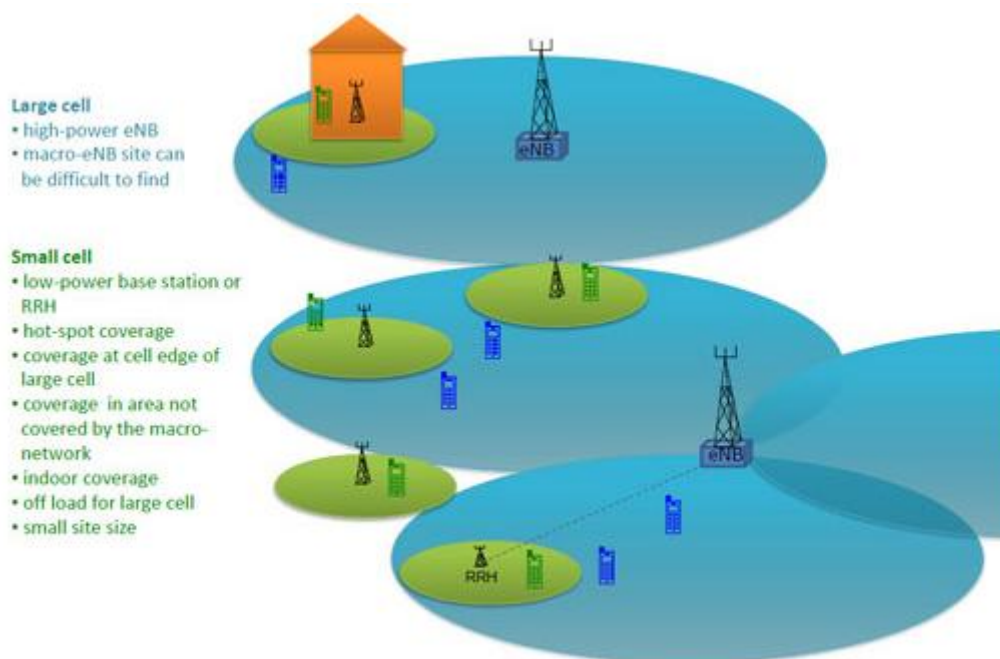


Figura 14 - Ilustração de uma rede heterogênea, com *macro cells* e *smallcells*.
Fonte: WANNSTROM, 2014.

2.8.1.1 Macro Células

O componente mais familiar de uma rede celular é a torre de celular e as instalações de antenas em outras estruturas altas, tais como edifícios de vários andares e torres de caixad'água municipais.

Estas células grandes, muitas vezes referidas como "macro" células (*macrocells*), formam o núcleo da rede celular, permitindo aos provedores de serviços sem fio para entregar voz, texto e comunicações de banda larga para milhões de assinantes de telefonia móvel.

As macro células são eficazes para cobrir grandes áreas geográficas com relativa alta capacidade, porque as antenas são normalmente montadas em torres altas ou os telhados de edifícios altos e transmitem sinais de radiofrequência (RF) em níveis de relativa alta potência. As macro células também são capazes de hospedar vários provedores de serviços sem fio.

No entanto, apesar de uma torre ou uma célula montada no topo de um prédio possa ser atualizada ao longo do tempo, as áreas de cobertura não podem normalmente ser expandidas (The DAS Forum, 2013).

A estrutura de uma macro célula normalmente é composta pelas antenas, uma torre ou mastro e por uma cabine, como pode ser observado na figura 15.

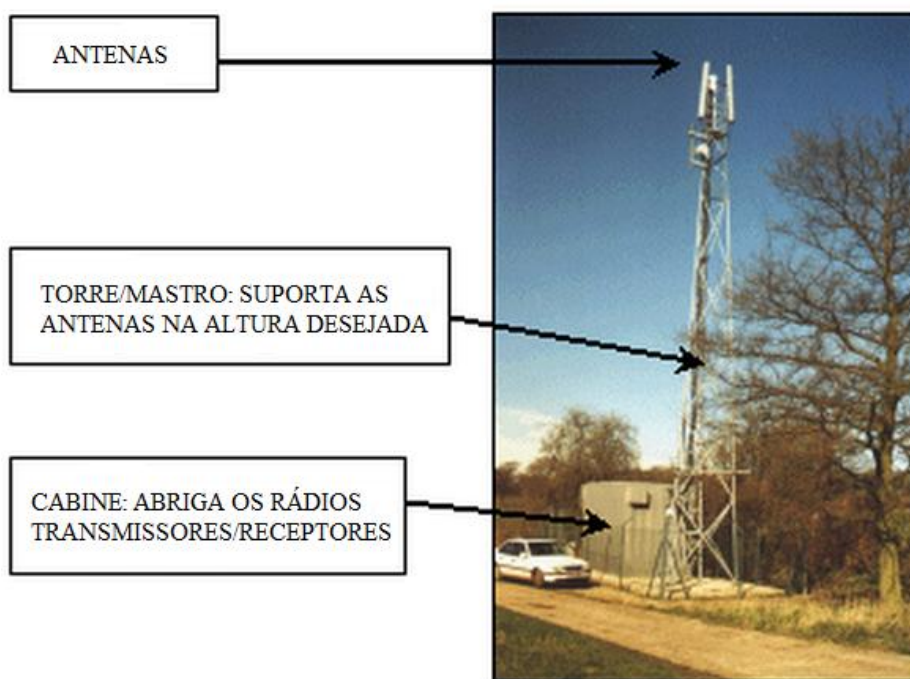


Figura 15 - Exemplo de macro célula e seus componentes
Fonte: OFCOM.ORG.UK, 2014.

As antenas são dispositivos projetados para irradiar e receber energia eletromagnética.

A torre ou mastro, é uma estrutura que suporta as antenas a uma altura em que possam enviar e receber ondas de rádio de forma satisfatória. Um mastro possui tipicamente 15 metros de altura, e de estrutura de aço tubular de construção ou aço monopólo, embora outros projetos, incluindo estruturas disfarçadas, estão disponíveis. O mastro não desempenha qualquer papel na transmissão das ondas de rádio (OFCEM.ORG.UK, 2014).

A cabine é um compartimento com ar condicionado, a prova de intempéries, que abriga os transmissores e receptores (OFCEM.ORG.UK, 2014).

2.8.1.2 Micro Células

O termo "micro célula" (*microcell*) é convencionalmente usado para descrever um único, ao ar livre, rádio emissor-receptor de curto alcance. Micro células são geralmente implantadas para melhorar a cobertura das macro células existentes.

Ocasionalmente, micro células são instaladas na parte interna para melhorar a cobertura e capacidade. As micro células podem ser instaladas sobre um poste ou do lado de um edifício, como mostra a figura 16 (The DAS Forum, 2013).



Figura 16 -Micro célula NEC série MB4300.
Fonte: NEC Corporation, 2014.

As micro células e suas contrapartes menores, pico células, geralmente são implantadas para melhorar a cobertura e capacidade da rede em uma determinada área.

Micro células podem ser usadas ao ar livre e dentro de casa, muitas vezes em áreas de alto tráfego, como espaços de transporte público ou um único quarteirão da cidade com tráfego pesado celular.

A micro célula é fisicamente maior que a pico célula, e tem maior cobertura e maior capacidade de tráfego, o que permite que as micro células suportem mais usuários do que as pico células.

A micro célula série MB3000 da NEC mostrada da figura 16 pesa 10 kg, pode suportar até 200 usuários ativos, pode transmitir com potência máxima de até 5W por antena.

Como um dispositivo independente, as micro células podem suportar um único portador com até duas frequências em uma única tecnologia (seja GSM, UMTS ou 3G / 4G) (The DAS Forum, 2013).

2.8.1.3 Pico Células

O termo “pico célula” (*picocell*) descreve uma tecnologia de pequenas células que pode ser usado tanto em ambientes internos e ao ar livre. Em áreas internas, pico células são geralmente usadas por um provedor de serviços sem fio para aumentar a capacidade em uma área definida. Em áreas externas, elas podem ser usadas para preencher as lacunas na cobertura ou aumentar a capacidade. O termo *metrocell* (metro célula) às vezes é usado para descrever uma pico célula em um alto tráfego na área urbana (The DAS Forum, 2013).

As pico células são menores do que uma micro célula, com um tamanho menor do equipamento e potência de transmissão mais baixa. Soluções de pico células normalmente são destinadas para instalações em ambientes corporativos de até 2.787 metros quadrados. Prestadores de serviços sem fio costumam usá-las para preencher lacunas de cobertura em ambientes de alto tráfego, como estações ferroviárias, plataformas de metrô, terminais de ônibus e, mais recentemente aeronaves. As pico células ao ar livre são muitas vezes montadas no lado de um edifício, postes de iluminação de rua, postes de sinalização de trânsito, etc. Elas são normalmente suportadas por conexões de *backhaul* de fibra óptica.

Pico células em áreas internas fornecem pequenas áreas de cobertura para enfrentar os desafios de cobertura e/ou de capacidade. Implantações são regularmente encontradas em aeroportos, hotéis, escritórios corporativos, e campi universitários. Sua área de cobertura pode ser tão pequena quanto 10 metros em um ambiente de escritório. Pico células são geralmente de propriedade de provedores de serviços sem fio.

Pico células são pequenas. O pico célula mostrada na figura 17, da Ranberry, mede 22 cm de largura por 29,5 cm de altura por 9 cm de profundidade e pesa aproximadamente 4,6 kg (Ranberry, 2014).



Figura 17 - Exemplo de uma pico célula.
Fonte: Ranberry, 2014.

Ela pode suportar até sessenta e quatro usuários dependendo do equipamento instalado e pode transmitir com potência máxima de 1W por antena. A indústria atualmente está desenvolvendo e lançando várias soluções pico célula para LTE.

Pico células suportam apenas algumas frequências e apenas um provedor de serviços sem fio por unidade. Elas normalmente custam mais que femto células e assim como as micro células, requerem instalação e configuração profissional. Como micro células, pico células geralmente não são interligadas como nós dentro de uma rede DAS, no entanto, um único site pode ter várias pico células implantadas para resolver a questão da cobertura ou da capacidade. (The DAS Forum, 2013)

2.8.1.4 Femto Célula

As femto células são pequenas, fixas, independentes, células locais de baixa potência projetadas para melhorar a recepção sem fio dentro de uma casa ou em

um pequeno edifício de escritórios. Soluções de femto célula normalmente suportam de duas a seis conexões ativas em um ambiente residencial e vinte ou mais no cenário empresarial. A femto célula utiliza serviços de Internet do assinante para se conectar à rede central da operadora de telefonia móvel. (The DAS Forum, 2013). A figura 18 mostra três exemplos de femto células.



Figura 18 - Exemplo de femto células.
Fonte: Alcatel-Lucent, 2014.

Existem vários tipos de femto células destinados a diferentes usos, incluindo residencial, pequenas empresas e grandes empresas. Por exemplo, a Verizon Wireless, AT&T e Sprint Nextel todos oferecem soluções de femto célula. É importante notar que a femto célula de uma operadora não vai apoiar o dispositivo de outra operadora.

Devido a isso, femto células são geralmente implantadas em residências ou empresas de pequeno porte, sem tráfego pesado de clientes. Por exemplo, uma femto célula pode ser uma boa solução para obter uma melhor cobertura sem fio em uma empresa baseada em casa.

O usuário final pode pagar algumas centenas de dólares para a solução de femto célula, embora em alguns casos a operadora pode oferecer a femto célula gratuitamente. Na maioria dos casos, especialmente com femto células residenciais, instalação profissional não é necessária. (The DAS Forum, 2013)

As femto células são pequenas. A Femto célula da Alcatel-Lucent, mostrada na figura 19, tem 13,2 cm de altura, 15 cm de largura e 3,35 cm de profundidade. Ela pesa menos de 300 g (Alcatel, 2014).



Figura 19 - Femto célula 9361 Home Cell da Alcatel-Lucent.
Fonte: Alcatel-Lucent, 2014.

2.8.2 Soluções sem fio

A tecnologia Wi-Fi permite que dispositivos eletrônicos troquem dados através de uma rede de computadores sem fio usando espectro de frequência de rádio sem licença. Os dispositivos tais como computadores pessoais, consoles de *videogame*, *smartphones*, *tablets* e TVs pode usar Wi-Fi para acessar a Internet através de pontos de acesso sem fio, também chamados de *hotspots*. Os *hotspots* tem um alcance de cerca de 6 a 60 metros dentro de casa. Um *hotspot* Wi-Fi pode conter um ou mais pontos de acesso (APs: *Access Points*) que proporcionam a conectividade a uma rede específica. Neste caso, no entanto, isso é descrito como cada AP como um *hotspot*, quando na verdade todos os APs de dentro de uma única área de cobertura são parte de um único *hotspot* (The DAS Forum, 2013).

2.8.3 Backhaul

Uma vez que o tráfego chega a uma estação base ele precisa ser encaminhado para a rede central e comutado através das redes. A ligação entre a rede *smallcell* e o núcleo da rede é então estabelecida usando o *backhaul* (4G

Americas, 2012). O *backhaul* basicamente é a conexão (*link*) utilizada para transportar o tráfego, e essa conexão pode ser sem fio ou cabeada dependendo da necessidade e viabilidade. A figura 20 mostra um exemplo de *backhaul* em uma rede heterogênea.

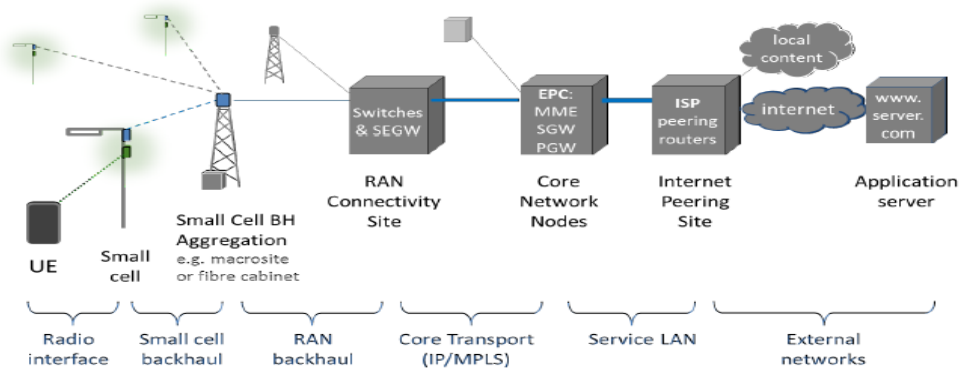


Figura 20 - Exemplo de *backhaul* em uma rede heterogênea.
Fonte: Smallcell Forum, 2014.

Entre os desafios associados à implementação de uma rede de *smallcells* ideal é a necessidade de gerenciar a acessibilidade do *backhaul*. Utilização de soluções tradicionais de micro-ondas LoS (*Line Of Sight* – Linha De Visada) é limitada, devido ao ambiente em que as *smallcells* são implantadas.

Soluções de *backhaul* de pequenas células, independentemente da tecnologia ou espectro utilizado (se sem fios), têm de cumprir vários requisitos:

- Baixo custo;
- Fator de forma pequeno;
- Alta capacidade;
- Baixa potência;
- Instalação rápida e fácil, que pode ser feita por funcionários semi-qualificados;
- Tolerância de influência e capacidade de operar a partir de locais precários (somente sem fio);
- Capacidade de lidar com mudanças no ambiente que podem ser imprevistos e não estão sob controle do operador (somente sem fio);
- Escalabilidade para acomodar a adição de novas células pequenas dentro da mesma área de cobertura;
- Baixa latência, para apoiar X1 da LTE e interfaces de S2.

A maioria das áreas onde pequenas células serão implantadas, como as zonas metropolitanas, são um ambiente muito mais desafiador do que as torres das macro células, onde o equipamento está instalado de forma segura em um local protegido.

A percentagem de TCO de *backhaul* é maior em células pequenas do que nas células macro. Por causa das diferenças nos requisitos, a percentagem de RAN TCO do *backhaul* de pequenas células é aproximadamente o dobro que de macro células.

O surgimento de soluções de baixo custo será crucial para o estabelecimento de um plano de negócios sólido para *backhaul* de pequenas células.

Sem soluções de baixo custo, é difícil ver como as implantações de pequenas células extenso pode ser rolada para fora, especialmente num momento em que as operadoras móveis enfrentam pressões financeiras graves.

A definição de um *backhaul* sem fio pode ser descrita como a utilização de sistemas de comunicação sem fio para obter dados de um usuário final para um nó em uma grande rede, tais como a Internet ou a rede proprietária de uma grande empresa, instituição acadêmica ou órgão do governo.

Também é possível consultar a transmissão de dados de rede através de uma rota alternativa sem fio quando a rota normal não está disponível ou sobrecarregada.

Todo projeto de uma rede sem fio exige uma análise de cobertura em sistemas computacionais e algumas vezes em campo. Em alguns casos, são necessárias análises de campo, principalmente para a frequência não Licenciada (5.8GHz) por causa da sua grande utilização.

Com exceção de grandes centros, a ocupação desta frequência é pequena. Nas frequências licenciadas, o uso de ferramentas está relacionado em transportar a maior quantidade de informação em uma região com a banda adquirida, a faixa de frequência é limitada, devendo ser aproveitada ao máximo.

Sempre a topografia estará associada aos 3 tipos de usuários de uma rede:

- LoS (*Line of Sight*: Linha de Visada): Segundo definição da ITU-T, caminho desobstruído entre dois locais utilizando o raio efetivo da Terra (Um raio da Terra efetivo é de 4/3 vezes o valor verdadeiro é usado para cálculos de distância). (ITU-T,1995)
- NLoS: Linha de Visada parcial (*Near line of sight*) ou Sem Linha de Visada (*Non line of sight*);

- OLoS: Linha de Visada Obstruída (*Obstructed line of sight*) (TAVARES, 2013).

Na figura 21 observa-se exemplo de LoS e NLoS.

Escolha da faixa de frequência:

- Faixas de frequências não licenciadas não precisam ser adquiridas, porém cada operadora deve conviver com possíveis adequações de rede por congestionamento de frequência;
- Faixas de frequências licenciadas são exclusivas para cada operadora, porém devem ser adquiridas em licitações do órgão regulador (ANATEL) e representam um custo a ser incluído no *Business Plan*.

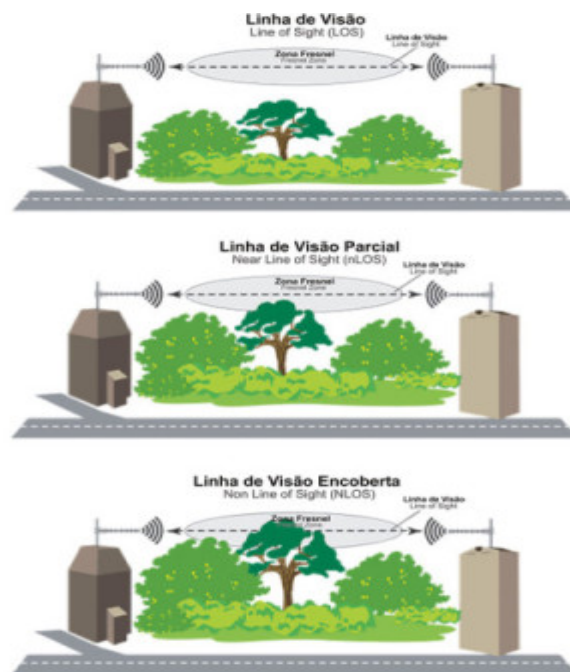


Figura 21 - Exemplo de LoS e NLoS.
Fonte: TAVARES, 2013.

À primeira vista, *backhaul* de pequenas células pode ser percebido como uma versão informal de sua contraparte macro célula. Tem que ser mais barato, mas também tem menores exigências de capacidade, e muitos operadores estão dispostos a aceitar uma baixa confiabilidade e até mesmo a utilização de espectros isentos de licença. Mas essa é uma visão enganosa. De muitas maneiras, *backhaul* de pequenas células tem um conjunto requisitos mais rigorosos, o que o torna uma solução mais desafiadora do que o *backhaul* macro celular mesmo que um que pode ter margens de lucro mais baixas para os fornecedores.

Existem várias tecnologias diferentes que podem ser utilizados para fornecer *backhaul*. A escolha para qualquer operador dependerá do desempenho exigido e a acessibilidade do local para várias formas de *backhaul*.

As várias tecnologias utilizadas para *backhaul* móvel incluem:

- E1 / T1: Os sistemas E1 / T1 foram amplamente utilizados em telecomunicações, quando as tecnologias 2G, incluindo GSM estavam sendo implantadas e implementadas. Estes circuitos poderia ser executado em paralelo para proporcionar uma capacidade adicional, permitindo assim que os requisitos para uma variedade de situações de *backhaul* sejam atingidos. Hoje em dia, outras formas de ligação intermédia são utilizados para permitir velocidades de dados muito mais elevadas para ser realizado, embora muitos destes circuitos ainda permanecem em uso.
- *Carrier Ethernet*: *Carrier Ethernet* é um formato ideal para *backhaul* móvel e está sendo amplamente utilizado nesta aplicação. Ele fornece uma largura de banda significativa com uma interface / protocolo padrão da indústria. Ela pode ser transportada sobre cobre, fibra ou microondas.
- DSL: Tecnologias como DSL, ADSL, entre outros, estão sendo usados cada vez mais para as técnicas de *backhaul* de descarregamento. Por exemplo, muitos celulares muda para Wi-Fi quando eles estão dentro do alcance de um *hotspot*, e muitos deles estão ligados de volta através de um formulário de ligação DSL. Além deste, um número crescente de femto células estão sendo implantados em casas, onde novamente ADSL, entre outros, são amplamente utilizadas formas de enlace de dados que formam a ligação *backhaul* móvel.

Há também alguns um meio sobre o qual os dados podem ser transportados.

- Cobre: O cobre é um dos métodos tradicionais para o transporte de dados. Velocidades não são tão altos como os que podem ser alcançados com fibra. Tecnologias incluindo E1 / T1 e DSL, etc. amplamente usar cobre para o meio através do qual os dados são transmitidos.
- Fibra óptica: ligações de fibra estão sendo instalado e utilizado cada vez mais. Eles são confiáveis e têm uma largura de banda muito maior do que o cobre.
- Microondas: Micro-ondas é particularmente útil para situações em que não é possível executar um link de cobre ou fibra. Locais remotos, onde não é viável

para executar uma ligação física, ou mesmo onde pequenas células são montados em mobiliário urbano são oportunidades ideais para o uso de microondas em *backhaul*.

- Onda milimétrica: O termo onda milimétrica se aplica a qualquer operação de tecnologia de RF na faixa 30 de 300GHz, mas é geralmente usado para discutir equipamentos que operam entre 60 e 80 GHz. A onda milimétrica pode potencialmente fornecer ligações de alta capacidade, mas com grandes problemas de confiabilidade e de espectro.

Atualmente os métodos mais usados para escoar o tráfego das estações rádio base são fibra óptica e wireless (microondas).

2.8.3.1 Linhas de fibra óptica e linhas alugadas

A fibra óptica continua a manter o seu lugar nos corações e mentes da indústria de telecomunicações como a solução preferida para *backhaul*. Ele é amplamente visto como uma tecnologia comprovada de tempo que oferece uma capacidade quase ilimitada e escalabilidade.

E, no entanto, a fibra é também um dos investimentos de capital mais caros, difíceis, e maior tempo de execução um operador pode fazer.

A realidade é que levar a fibra para cada local da célula simplesmente não é viável, não só devido a questões de custo, mas também devido aos desafios logísticos excessivos. O custo de instalação de fibra por quilômetro é muito caro e pode variar muito em áreas urbanas densas, tornando-a um custo proibitivo, especialmente nas áreas de assinantes mais importantes e congestionadas. Atrasos devido à aquisição de licenças e demorado construção de valas também fazem a instalação de fibra uma solução menos atraente (Skyfiber,2013).

2.8.3.2 Microondas (3-30GHz)

Microondas tem desempenhado um papel importante no *backhaul* para redes 2G e 3G, porém as exigências da rede 4G são superiores a sua capacidade. Capacidade de Micro-ondas está em torno de 400 Mbps *full-duplex* devido aos limites permitidos colocados na largura de banda do canal de RF.

O máximo de largura de canal autorizado é, normalmente, não mais do que 56 MHz, e até mesmo utilizando modulação de alta ordem (256-QAM) estas ligações se limitam a transmissão de cerca de 350 Mbps por canal.

A fim de escala além desta taxa de dados nas faixas de micro-ondas tradicionais, é necessário transmitir múltiplos sinais utilizando múltiplos canais de RF. Cada canal utilizado requer eletrônicos adicionais e uma licença de espectro adicional, de modo que essas ligações não entregam economias de escala significativas além de 350 Mbps. A tentativa de implantar várias antenas para aumentar a capacidade leva a grandes problemas de interferência, além de desafios de escala (Skyfiber,2013).

2.8.3.3 Onda Milimétrica

O termo onda milimétrica se aplica a qualquer operação de tecnologia de RF na faixa 30 a 300GHz, mas é geralmente usado para discutir equipamentos que operam entre 60 e 80 GHz.

A onda milimétrica pode potencialmente fornecer ligações de alta capacidade, mas com grandes problemas de confiabilidade e de espectro.

Nos últimos anos, alguns fornecedores de onda milimétrica persuadiram com sucesso a tecnologia para entregar cerca de 800 Mbps *full-duplex* (muitas vezes comercializada como 2 Gbps, porém essas demonstrações de capacidade são *half-duplex* e apenas incluem a capacidade inutilizável perdeu a sobrecarga de transmissão).

No entanto, a tecnologia de ondas milimétricas conta com largura de feixe de antena firmemente focados e muito grandes alocações de espectro de 10 GHz (Tx / Rx) para se aproximar ainda uma capacidade de Gigabit.

Isso resulta em várias questões importantes para a tecnologia, incluindo confiabilidade comprometida devido a problemas de chuva-fade e feixe de alinhamento, capacidade de crescimento limitada capacidade de longo prazo, e da necessidade de grandes quantidades de espectro disponível para acomodar os links de alta capacidade.

Crescimento da capacidade de longo prazo é outro desafio para ondas milimétricas. Apesar dos avanços que permitiram a tecnologia para aproximar a marca de 1 Gbps, MMW está agora atingindo uma parede que diz respeito à quantidade de espectro necessário para fornecer tais velocidades, e neste momento não há nenhum roteiro claro de como a tecnologia vai se mover passado sua capacidade atual.

No Brasil, a Anatel publicou no dia 7 de outubro de 2014, a Resolução nº 642/2014, que aprova o regulamento para estabelecer condições de uso nas faixas de 71 GHz a 76 GHz e de 81 GHz a 86 GHz. O principal uso dessas faixas de frequência será justamente para *backhaul* de estações rádio base (Teletime,2014).

2.8.3.4 Surgimento de soluções específicas para as implantações de pequenas células

Os ambientes mais exigentes em que as pequenas células operam têm impulsionado esforços para criar novos tipos de produtos de *backhaul* que proporcionam um nível de flexibilidade e funcionalidade específica diferentes daquelas das soluções de *backhaul* de macro células.

Enquanto muitos fornecedores de *backhaul* de pequenas células também são fornecedores de *backhaul* macro celular, uma série de novos fornecedores entraram neste mercado, com um foco mais específico e novas abordagens à gestão em rede, aproveitando faixas de espectro anteriormente subutilizadas e introduzindo recursos avançados.

2.8.3.5 Coexistência de múltiplas soluções

Embora muitos operadores tenham uma preferência por uma tecnologia de *backhaul* sobre as outras, eles concordam que nenhuma tecnologia pode atender a todos os requisitos de *backhaul*.

Na figura 22 é mostrada uma árvore de decisão que resume como diferentes tecnologias podem ser implantadas.

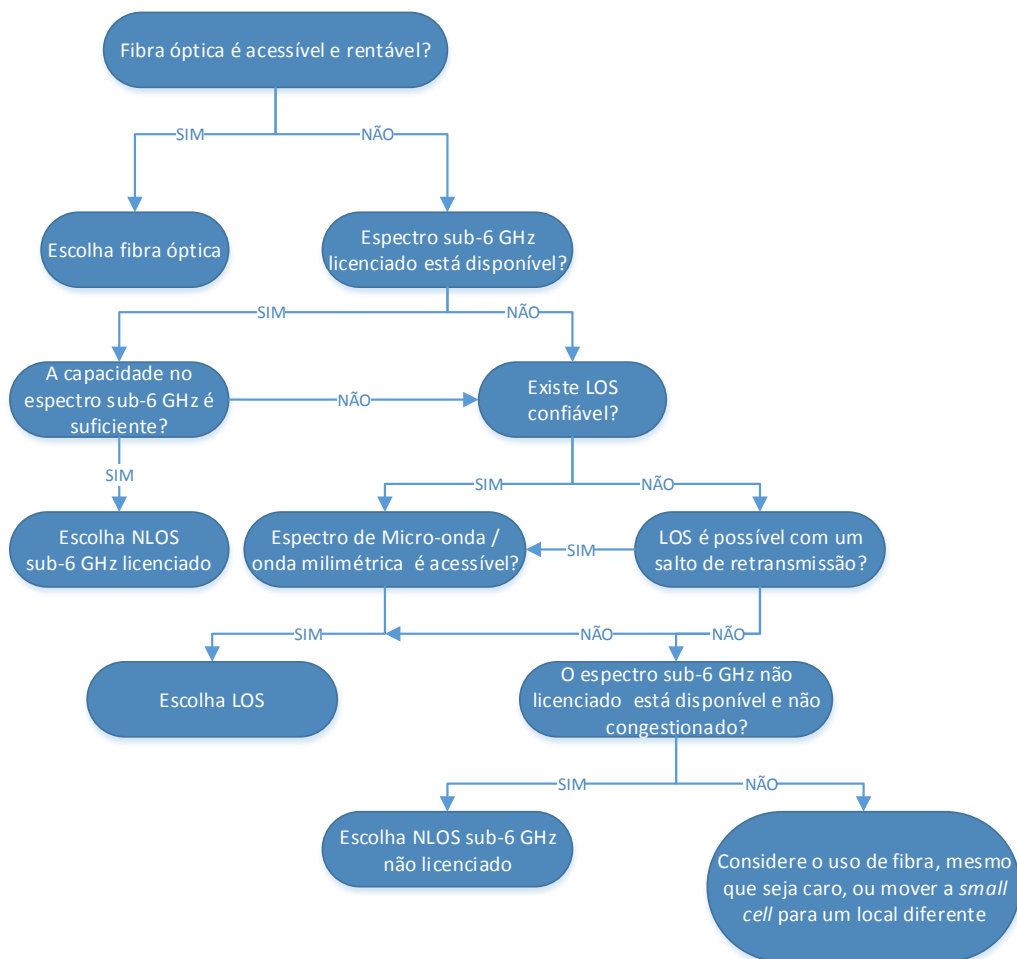


Figura 222 - Árvore de decisão de *backhaul* de *Smallcells*.
Fonte: adaptado de SenzaFili, 2013.

2.8.3.6 Fibra e Wireless

Inquestionavelmente, a fibra é a melhor solução para *backhaul* de pequenas células, então onde está disponível e de baixo custo, que normalmente ganha mais de soluções sem fio. Mas nem sempre está disponível, e quando é, muitas vezes, não é rentável, porque ou os custos de instalação (principalmente devido à abertura de valas) ou os custos de operação (ou seja, custos de *leasing*) são demasiado elevados. De muitas maneiras, este é um ponto de decisão fácil, impulsionada principalmente pelo quanto um operador está disposto a pagar.

2.8.3.7 LOS e NLOS

Se o operador opta por *backhaul* sem fio, a escolha entre as tecnologias se torna mais complexa, pois depende de um maior número de fatores, incluindo o espectro e disponibilidade LOS (*Line Of Sight*), e os requisitos de capacidade. Outras coisas sendo iguais, os operadores preferem soluções NLOS em espectro licenciado. Mas essas soluções geralmente têm menor capacidade e maior latência (especialmente em condições reais de NLOS), e isso torna-os impróprios para pequenas células de alta capacidade ou por links de *backhaul* que suportam várias células. Nos casos em que é combinado 4G com Wi-Fi ou em que os operadores partilhar o *backhaul*, os requisitos de capacidade crescer rapidamente e os operadores deverão selecionar soluções LOS nos locais mais movimentados, com a adição de repetidores onde há uma necessidade de compensar a falta de dirigir LOS.

2.8.3.8 Implantações de pequenas células LTE

A pergunta mais comum em pequenas células é quando eles vão realmente decolar - e, de fato, se isso nunca vai acontecer se, depois de tanta atenção, nós

ainda não vimos implementações comerciais de largura, e até mesmo a taxa de crescimento em programas de tráfego móvel sinais de desaceleração, reduzindo, assim, a urgência de lançamentos de pequenas células.

Vai levar tempo para pequenas células para se tornar um canal de tráfego primário.

Mas, mais especificamente, as células pequenas LTE enfrentam um atraso porque a maioria dos operadores não quer ter uma rede LTE entanto, ainda estão implantando a infraestrutura macro mais básico, ou ainda não têm os problemas de congestionamento em suas novas redes LTE.

Mas o caso de negócio para as células 3G não é muito bom, por isso, Wi-Fi preenche a lacuna e vai continuar a fazê-lo por algum tempo. O resultado disso é que os operadores não estão com pressa para implantar pequenas células LTE, e isso muda a oportunidade de receita para *backhaul* de fornecedores em direção ao futuro. Isto é especialmente verdadeiro para aqueles que oferecem ligações de alta capacidade que são mais adequadas para o LTE do que para células pequenas 3G.

2.8.3.9 Compartilhamento de infraestrutura necessária para reduzir o TCO

Como operadores compreendem melhor a complexidade e os custos envolvidos em implementações de pequenas células, eles também tentam identificar maneiras em que os custos podem ser mantidos sob controle. Possivelmente a maneira mais eficaz é compartilhar a infraestrutura. A infraestrutura compartilhada não só reduz custos, mas também reduz a quantidade de *hardware* para ser instalado no nível da rua, e isso é benéfico a partir de um planejamento e perspectiva operacional.

Os principais obstáculos à partilha de infraestrutura são "relutância em desistir de algum grau de controle sobre a infraestrutura, e a percepção de que a partilha de infraestrutura dará concorrentes uma vantagem ou reduzir os operadores dos operadores móveis a capacidade de diferenciar suas ofertas de serviços. Enquanto muitos operadores europeus veem a partilha de infraestrutura necessária para justificar o caso de negócio de pequenas células, em alguns mercados, como os

EUA, há uma forte resistência a ela, possivelmente porque os operadores não estão sob pressão financeira.

Várias abordagens para a partilha de infraestrutura são possíveis. Os operadores podem compartilhar toda a infraestrutura, incluindo rádios, ou podem simplesmente co-localizar seus equipamentos. Na maioria dos casos, no entanto, o *backhaul* é compartilhada, e isso cria requisitos adicionais de capacidade e gestão de tráfego (por exemplo, QoS, OAM e gestão de SLA).

2.9 SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS - DAS

DAS é a sigla em inglês para um novo sistema de conexões sem fio que vem crescendo e sendo utilizado cada vez mais nos ambientes corporativos, significa *Distributed Antenna System*, ou seja, Sistema de Antenas Distribuídas. O sistema DAS melhora a eficiência em distribuir conexões sem fio dentro de um ambiente interno onde há vários interferes como colunas ou pilares de concreto que interferem ou algumas vezes anulam no sinal dos celulares, assim é possível ter sinal em subsolos e até mesmo dentro de elevadores, basta instalar uma antena para a cobertura do local.

A principal vantagem de utilizar DAS é que várias tecnologias sem fio podem ser suportadas em uma única Rede Convergente, incluindo *trunking*, 2G, 3G, 4G, áudio, vídeo, sistemas para detecção de incêndio e sistemas de automação. Tudo que for possível trabalhar em IP é possível controlar com o sistema DAS. A instalação desse sistema se torna mais simples comparando a uma instalação convencional, pois se utiliza em grande escala cabos de fibras ópticas com menor bitola, necessitando menos espaço físico para a implantação. A qualidade do sinal em uma fibra óptica é muito melhor que em um cabo coaxial analisando a questão de baixo ruído do sinal e imunidade a interferências, além de garantir maior velocidade na taxa de transmissão diminuindo assim o *delay*, pois em uma rede convergente com tantos sistemas de áudio e vídeo qualquer milésimo de segundo faz uma enorme diferença no resultado final.

No Brasil existe o sistema DAS implantado em ambientes internos onde há maior dificuldade em fazer com que o sinal tenha boa qualidade em todos os pontos necessários.

Além dos estádios que sediaram a Copa do Mundo 2014 também é possível encontrar em outros estádios e grandes empreendimentos como *Shoppings Centers* e Centros Comerciais. No entanto, em outros lugares onde a tecnologia já é mais avançada como no caso dos EUA, já utilizam esse sistema para uso externo, distribuindo sinal para vários pontos dentro de uma cidade como na figura 23.

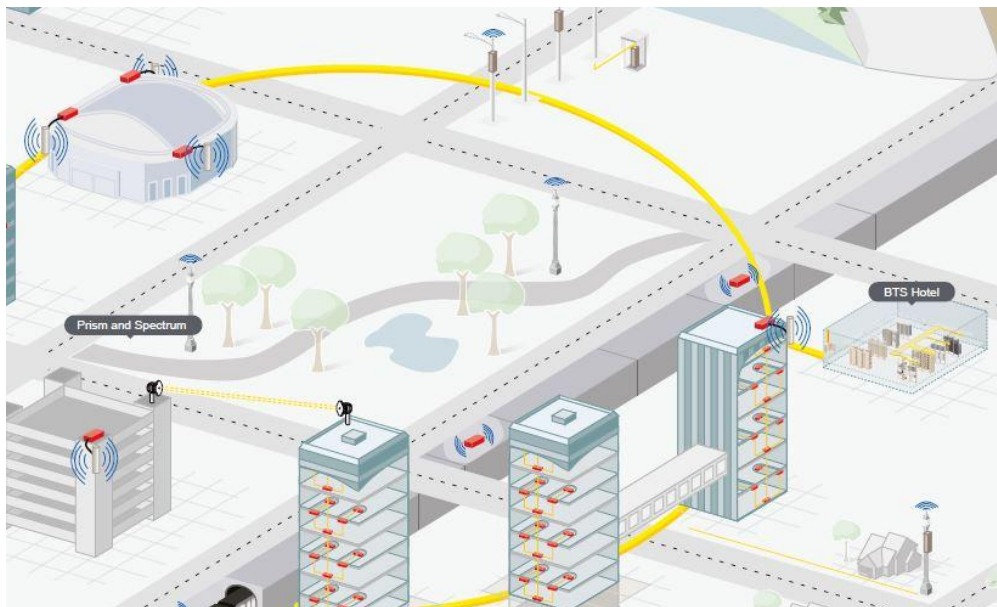


Figura 23 - Cidade com sistema DAS.
Fonte: TE Connectivity, 2014.

Como se observa na figura, o sistema abastece toda a cidade, com antenas instaladas nos prédios, parques, ginásios, postes, etc. O sistema em si, independentemente de ser para atender um ambiente externo como uma cidade ou um ambiente interno como um estádio consiste na recepção do sinal através das antenas encaminhando até uma unidade remota que segue através de fibra óptica até o hotel BTS. No Hotel BTS encontram-se várias salas de operadoras, onde cada uma recebe os dados de seus clientes através do sistema e envia para o destino.

Os modelos das antenas estão cada vez menores e mais sofisticados. No caso das externas, para melhor planejamento geralmente é instalado na mesma

torre o equipamento para abrangência do sinal (cobertura de células). A figura 24 mostra modelos de antenas externas.

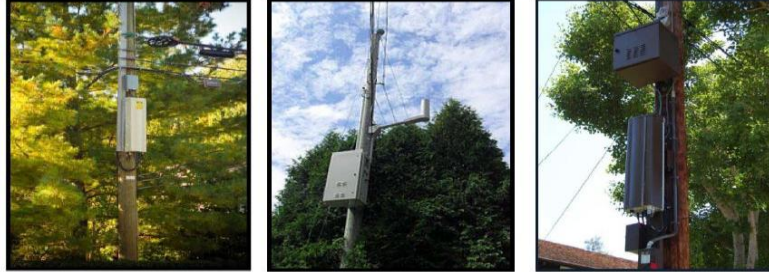


Figura 24 - Antenas Externas.
Fonte: The DAS Forum, 2013.

Para ambientes internos, as antenas geralmente são imperceptíveis para os usuários do local e alguns modelos ainda ajudam no design do ambiente podendo até ser confundido com uma lâmpada. A figura 25 mostra algumas instalações.



Figura 25 - Antenas Internas.
Fonte: The DAS Forum, 2013.

A instalação do sistema tem como objetivo sempre melhorar a cobertura do sinal. A figura 26 abaixo apresenta um prédio onde o sinal tem problemas para chegar aos outros andares.

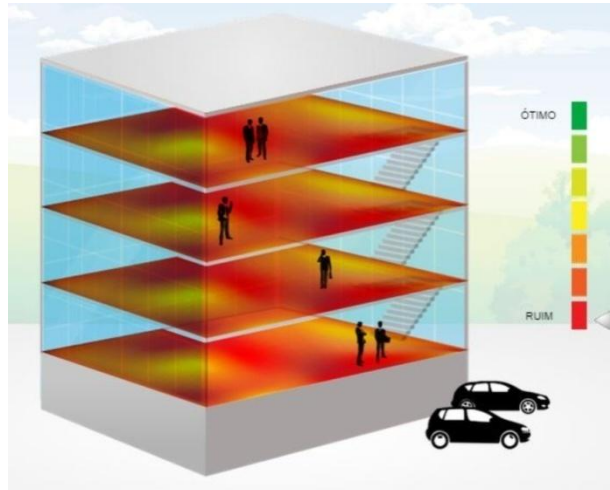


Figura 26 - Prédio sem estrutura DAS.
Fonte: Grauer, 2014.

A solução desse problema é concentrar diferentes tecnologias em um único sistema a fim de distribuir o sinal para todos os andares, garantindo a qualidade em todos os níveis. Para situações como essa a tecnologia DAS se torna uma maneira eficiente de distribuir as conexões sem fio por toda a estrutura, garantindo a qualidade de sinal em pontos antes considerados “zonas mortas”, onde o sinal era fraco ou até mesmo inexistente. Esse resultado é alcançado através de roteamento de radiofrequência, realizado com cabos de fibras óptica que saem de uma única concentradora se, conectando as múltiplas antenas instaladas em todo o edifício.

Além da sala para receber todos os equipamentos necessários para o funcionamento do DAS, cada operadora tem uma sala que recebe através das fibras ópticas os dados das unidades remotas que foram captados pelas antenas. Essas salas técnicas recebem o nome de BTS. A figura 27 mostra um modelo de distribuição.

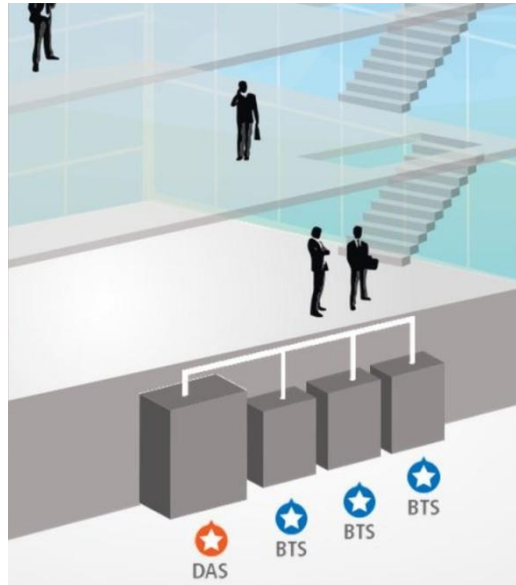


Figura 27 - Sistema DAS.
Fonte: Grauer, 2014.

A Figura 28 mostra a configuração de um sistema DAS.

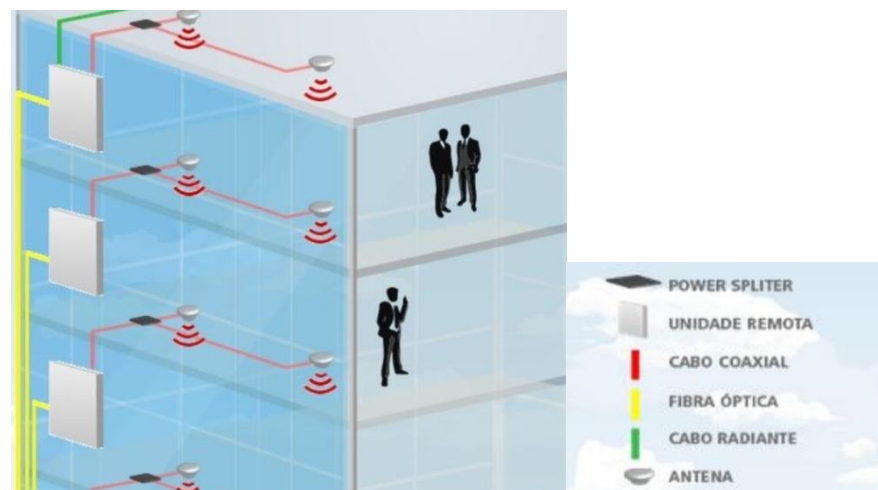


Figura 28 - Instalação DAS.
Fonte: Grauer, 2014.

Na implantação do sistema é utilizado um conversor de RF para óptico que digitaliza os sinais de rádio e envia os dados através de fibra óptica para uma unidade remota que irá converter o sinal óptico em sinal de RF. A figura 29 mostra como é feita essa conversão. Devido utilizar cabos de fibra óptica onde a taxa de dados é muito elevada (na ordem de bps) o operador do sistema consegue concentrar a capacidade de banda em um local e utilizar o cabo de fibra para outras

aplicações do edifício. Por ser necessária uma maior capacidade é diminuído o número de nós remotos por banda de base módulo ao mesmo tempo que mais módulos de banda são adicionados para atender à capacidade.

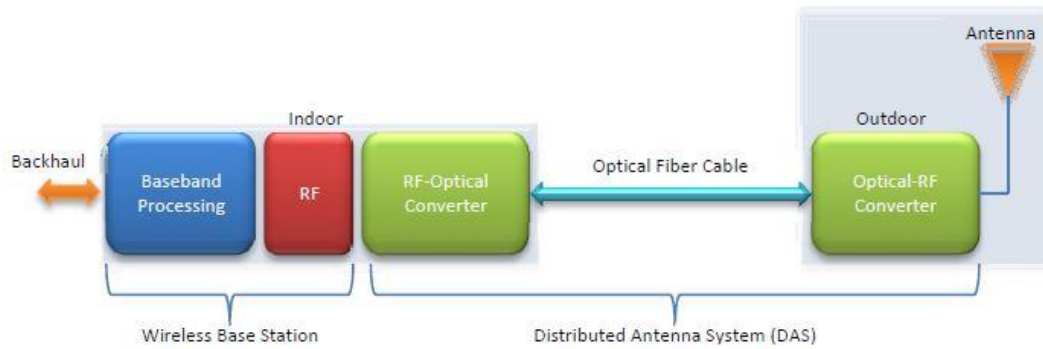


Figura 29 - Diagrama em blocos.
Fonte: Blinq, 2011

Na figura 30, por fim é apresentada a nova qualidade de sinal após implantação do sistema DAS.

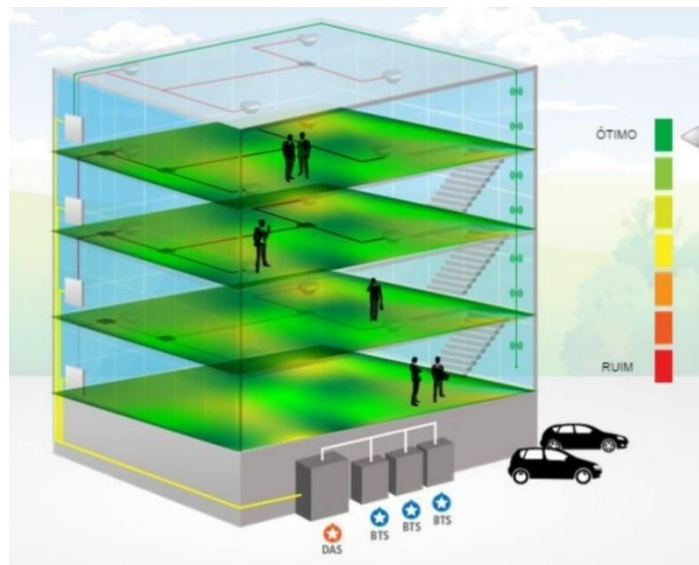


Figura 30 - Sistema DAS implantado.
Fonte: Grauer, 2014.

Com a implantação do sistema o sinal que antes era ruim em algumas áreas passa a ser de ótima receptividade em todos os ambientes.

3 DESENVOLVIMENTO

As transmissões durante a copa ocorreram com total sucesso. Para receber os torcedores de todo o mundo e atendê-los de maneira satisfatória foi grande o investimento na infraestrutura dos estádios. Toda a tecnologia implantada funcionou como esperado, mas agora a questão que surge é o que fazer com toda essa tecnologia e qual a melhor forma de tirar proveito das estruturas já existentes. A análise dos resultados é essencial para a tomada de decisões e para o surgimento de novas ideias para alavancar o setor e tornar as tecnologias implantadas mais eficientes.

3.1 TRANSMISSÕES NA COPA

Segundo o ministro das telecomunicações Paulo Bernardo, o balanço das Telecomunicações foi positivo para a Copa do Mundo de 2014. Foram vendidos 16,1 mil chips de celulares para estrangeiros e outros 341 mil usaram o serviço de roaming. Durante todo o torneio que teve um total de 64 jogos foram feitas 4,5 milhões de ligações telefônicas. A infraestrutura instalada possibilitou a transmissão de 166 TB de informação. Para isso foi instalada uma rede de 15 mil quilômetros de fibras ópticas para interligar os 12 estádios que sediaram o evento, foram instaladas também 15.012 antenas de telefonia móvel das quais 3.274 dentro de estádios, permitindo assim o tráfego de dados de 25 TB nas arenas. Para essa instalação as prestadoras Vivo, Tim, Claro, Oi e Nextel firmaram uma parceria para implantação única desse projeto que teve investimento de R\$ 226 milhões. O quadro 2 mostra as capacidades instaladas e o quadro 3 mostra os responsáveis pela implantação em cada estádio (Teleco, 2014).

Dois meses após a realização da Copa do Mundo FIFA 2014, durante uma visita à arena da baixada, estádio pertencente ao Clube Atlético Paranaense e que foi utilizado em quatro partidas da fase de grupos do evento, as principais dúvidas eram: como as operadoras atenderam o público alvo, como transmitiriam os sinais 3G e 4G e como funcionava o a transmissão de voz, vídeo e dados dentro do

estádio. A resposta para essas perguntas foi o sistema de antenas distribuídas (DAS), onde o sinal das operadoras convergia numa infraestrutura que atendia o estádio como um todo, não apenas os torcedores, mas também a imprensa e os setores administrativos do estádio. No caso da arena da baixada, cinco operadoras (Tim, Vivo, Claro, Oi e Nextel) tinham seu próprio espaço para instalar sua infraestrutura, denominado BTS, em uma sala chamada de “hotel BTS”, onde o cabeamento de cada uma dessas operadoras convergia nos equipamentos do sistema DAS. Cada BTS era isolado por grades, como uma gaiola, assim os equipamentos de cada operadora ficavam protegidos. O limite da infraestrutura das operadoras dentro do estádio é justamente o hotel BTS, o restante da estrutura pertence ao estádio, sendo que em alguns estádios, como no caso da arena da baixada, essa infraestrutura e o sistema DAS foram instalados e administrados em parceria com empresas terceirizadas.

Cidade	UF	Estádio	Capacidade do Estádio	Chamadas de voz em 1 hora (milhares)	Conexões simultâneas de dados (milhares)
Brasília	DF	Mané Garrincha	72.788	352	43
Belo Horizonte	MG	Mineirão	62.160	391	13
Salvador	BA	Arena Fonte Nova	55.000	298	32
Fortaleza	CE	Arena Castelão	63.900	308	11
Recife	PE	Arena Pernambuco	46.000	291	10
Rio de Janeiro	RJ	Maracanã	78.800	515	48
São Paulo	SP	Arena Corinthians	68.000	458	12
Porto Alegre	RS	Beira Rio	50.000	429	37
Curitiba	PR	Arena Baixada	43.000	292	9
Cuiabá	MT	Arena Pantanal	41.390	286	29
Natal	RN	Arena Dumas	42.000	298	10
Manaus	AM	Arena Amazônia	44.500	331	31

Quadro 2 - Capacidade de chamadas e conexões em cada estádio.
Fonte: Teleco, SindiTeleBrasil e Jornal Valor Econômico, 2014.

. Na arena da baixada, a empresa responsável por todo o sistema de telefonia e também de internet sem fio para o público foi a Lemcon Américas.

Como mostrado no quadro 3, o fornecedor de infraestrutura do sistema DAS para o estádio arena da baixada foi a empresa Comba, porém a instalação e administração ficaram por conta da Lemcon.

Essa edição da Copa ficou conhecida como a “Copa dos *Selfies*”. Como esperado foram muitas fotos enviadas chegando ao número de 48,7 milhões durante as partidas. O estádio do Maracanã foi o que mais se destacou, onde durante todo o evento enviou um total de 10,5 milhões de fotos com tamanho médio de 0,55 MB, chegando a uma média de 20 fotos por torcedor. Na final entre Alemanha e Argentina os torcedores bateram o recorde por jogo, com um público de 74 mil pessoas que realizaram 71 mil ligações telefônicas e enviaram um total de 2,6 milhões de fotos, uma média de 35 fotos por torcedor. O quadro 4 mostra o *ranking* de partidas por envio de fotos.

Estádio	Operadora líder	Fornecedor Infra	Vendor Hardware	Antenas de Celular	Antenas Wi-Fi	Km de fibra
Mané Garrincha	Vivo	Comba	Ericsson	401	213	17
Mineirão	Oi	Huawei (RFS)	Ericsson	292	-	6
Arena Fonte Nova	Claro	Comba	Ericsson	598	151	18
Arena Castelão	Vivo	Comba	Nokia	292	-	10
Arena Pernambuco	Claro	Nokia (Comba)	Nokia	288	-	18
Maracanã	Oi	Alcatel (RFS)	Huawei	220	217	14
Arena Corinthians	Nextel	Comba	Ericsson	337	-	12
Beira Rio	Claro	Comba	Huawei	254	158	18
Arena Baixada	TIM	Comba	Huawei	365	-	17
Arena Pantanal	Oi	Alcatel (RFS)	Ericsson	156	134	10
Arena Dumas	TIM	Alcatel (RFS)	Nokia	206	-	7
Arena Amazônia	Vivo	Comba	Nokia	315	141	17

Quadro 3 - Responsáveis pela implantação de telecomunicações nos estádios.
Fonte: Teleco, SindiTelebrasil e Jornal Valor Econômico, 2014.

Em uma análise envolvendo todos os estádios, observou-se que os seis estádios com o maior número de envio de fotos por pessoa foram justamente os que contavam com uma rede WiFi das prestadoras, a qual ainda permitiu um reforço na capacidade de transmissão de dados. Para realizar as medições do tráfego total de ligações e de comunicações de dados, consideraram um período de 7 horas, começando 3 horas antes da partida e se encerrando duas horas depois. O quadro 5 apresenta o balanço de todos os estádios.

Jogo	Local	Data	Fotos enviadas (milhões)
Alemanha e Argentina	Maracanã	13/07	2,6
Brasil e Camarões	Brasília	23/06	1,6
Bélgica e Rússia	Maracanã	22/06	1,5
Argentina e Bósnia	Maracanã	15/06	1,4
Colômbia e Uruguai	Maracanã	28/06	1,4
Holanda e Costa Rica	Salvador	05/07	1,2
Brasil e Chile	Mineirão	28/06	1,1

Quadro 4 - Partidas com mais fotos enviadas.
Fonte: Teleco e SindiTelebrasil, 2014.

Estádio	Partidas	Público (mil)	Ligações (mil)	Fotos (milhões)	Fotos por pessoa
Estádio do Maracanã*	7	519	471	10,6	20,4
Arena Pantanal*	4	159	130	2,8	17,6
Arena Amazônia*	4	160	190	2,8	17,5
Estádio Nacional*	7	478	875	8,0	16,7
Estádio Beira-Rio*	5	215	260	3,5	16,1
Arena Fonte Nova*	6	301	362	4,3	14,3
Arena de São Paulo	6	376	459	5,0	13,5
Estádio do Mineirão	6	345	410	4,0	11,6
Estádio das Dunas	4	158	260	1,5	9,3
Arena da Baixada	4	157	112	1,4	9,0
Arena Pernambuco	5	205	256	1,8	8,7
Estádio Castelão	6	357	693	3,0	8,3
	64	3.430	4.478	48,7	14

Quadro 5 - Balanço de fotos enviadas e ligações em cada estádio *Estádios com sistema WIFI da Prestadoras. Fonte: Teleco e SindiTelebrasil, 2014.

3.2 GLOBALIZAÇÃO DAS TELECOMUNICAÇÕES

Como o Brasil foi sede do maior evento futebolístico do mundo, o governo precisou firmar parcerias com vários setores para preparar as cidades sedes para receberem a Copa do Mundo 2014. Isso foi fundamental para o crescimento do setor de Telecomunicações, novas tecnologias foram testadas e implantadas deixando um legado para as cidades das quais tendem a tirar proveito para receber outros eventos. Toda essa nova estrutura beneficia as cidades como num todo, pois a ampliação do sistema ocorreu em vários pontos de cada cidade como aeroportos, shoppings, arenas e centros.

Para o segmento de telefonia móvel o que teve mais destaque foi a implantação do 4G, pois com o funcionamento dessa nova geração o Brasil mostra ao mundo que tem condições de acompanhar a tecnologia de países de primeiro mundo e também diminuirá o tráfego de frequência das outras gerações.

A tecnologia 4G está totalmente baseada em IP. Utilizando a convergência entre redes permite velocidades de acesso de 100 Mbit/s em movimento e 1 Gbit/s em repouso, mantendo a qualidade de serviço (QoS). O 4G funciona no Brasil na faixa de 2.500 MHz, mas num futuro próximo passará a usar a banda de 700 MHz que hoje é utilizada para a TV Analógica. Está previsto o encerramento da TV analógica para o ano de 2018 e implantação do 4G na nova frequência para o ano de 2019 (Teleco, 2014).

A canalização escolhida para o espectro brasileiro, que será o APT700, é também conhecido pelo 3GPP como banda 28, e que prevê a configuração FDD com 703 MHz a 748 MHz para *uplink* e 758 MHz a 803 MHz para *downlink*, com 10 MHz de banda de guarda para cada fluxo. A decisão em escolher a APT700 foi por acreditar-se ser mais eficiente e com maior crescimento nos próximos anos. Essa canalização já é utilizada no Japão e por operadoras da Ásia e Oceania que já atendem outros países como Austrália, Nova Zelândia, Taiwan e Papua Nova Guiné. Países da América Latina como Chile, Colômbia, México e Uruguai também passarão a utilizar esse padrão (Teleco, 2014).

Utilizando a frequência de 700 MHz aumentará a qualidade do sinal, utilizar a faixa de 2500 MHz se torna mais caro, pois exige investimentos em mais antenas e redes de transmissão mais altas que se fosse utilizar uma frequência menor, pois quanto maior a frequência, menor a abrangência do sinal de uma antena.

A Anatel promoveu o primeiro leilão oferecendo quatro lotes para as faixas de frequência em 2500 MHz em Junho de 2012, e arrecadou R\$ 2,9 bilhões:

- Lote 2: comprado pela Claro por R\$ 844,5 milhões;
- Lote 3: comprado pela Vivo por R\$ 1,05 bilhão;
- Lote 4: comprado pela TIM por R\$ 340 milhões;
- Lote 5: comprado pela Oi por R\$ 330,8 milhões (Teleco, 2014).

O Lote 1 correspondia a uma faixa nacional de apenas 450 MHz e nenhuma operadora se interessou pela licença. Ao todo participaram 6 grupos: Claro, TIM, Oi, Sky, Vivo e Sunrise (operadora de TV por assinatura dos EUA) (Teleco, 2014).

Em Setembro de 2014 ocorreu o novo leilão para as faixas de 700 MHz. Neste o governo arrecadou R\$5,85 bilhões. Foram colocados a venda seis lotes, três dando direito à oferta do 4G no país e outros três sendo regionais. Foram quatro as empresas a participar: Claro, Algar (CTBC), Telefônica (Vivo) e TIM. A operadora Oi

surpreendeu a todos ao comunicar que havia desistido do leilão. Entre as justificativas para não participar do leilão a operadora apontou o risco de que o serviço só possa ser oferecido a clientes em 2019. Os lotes foram arrecadados da seguinte forma:

- Lote 1: comprado pela Claro por R\$ 1,947 bilhão;
- Lote 2: comprado pela TIM por R\$ 1,928 bilhão;
- Lote 3: comprado pela Vivo por R\$ 1,927 bilhão;
- Lote 5: comprado pela Algar por R\$ 29,567 milhões (lote regional que permite oferta do 4G em 87 municípios do interior de São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais) (Teleco, 2014).

Não houve interessados para o lote 6 e para o lote 4. O lote 6 abrange a área de concessão da Sercomtel no Paraná (cidades de Londrina e Tamarana), e o lote 4 permite oferecer o serviço do 4G em todo o país exceto as áreas de concessão da Sercomtel e do lote 5.

4 CONCLUSÃO

Se diariamente as telecomunicações são essenciais para a rotina de usuários e para as empresas, é durante grandes eventos que essa tecnologia é colocada à prova com o aumento instantâneo de demanda em determinados locais e picos de horário.

A Copa do Mundo 2014 mostrou números jamais apresentados em uma edição, com as novas tecnologias de telecomunicações 48,7 milhões de fotos foram enviadas através da rede e 4,4 milhões de ligações foram feitas durante as 64 partidas. O esperado pós Copa seria de um legado onde a tendência fosse que as tecnologias se aprimorassem cada vez mais, empresas do setor privado junto ao governo firmassem parcerias para encontrar novas aplicações e novos mercados para utilização de todo potencial adquirido e apresentado.

No entanto, a realidade se tornou outra. Poucas foram as informações divulgadas sobre os números das telecomunicações que a Copa do Mundo de 2014 apresentou para o segmento.

Mesmo com a falta de alguns dados que realmente mostrassem o desempenho, como o funcionamento das redes de internet sem fio nos estádios, a visita à arena da baixada possibilitou as respostas para algumas dúvidas. A principal questão foi como ocorreu a transmissão dos sinais das operadoras dentro do estádio, que foi através do sistema de antenas distribuídas (DAS).

Passados seis meses, os benefícios tão esperados não surgiram e medidas drásticas foram adotadas pelo governo que começou o ano de 2015 em crise econômica e política.

Segundo o *site* Globo.com (2015), a Arena Pantanal, a qual sediou quatro jogos foi interditada devido apresentar problemas estruturais e não conclusão de obra. Segundo *site* Brasilpost (2015), o estádio Mané Garrincha de Brasília, o mais caro de todos os investimentos virou secretaria para órgãos do governo e garagem para ônibus, pois a cidade não recebe eventos suficientes para custear as despesas mensais e passou a utilizar o espaço para diminuir custos do governo.

Enfim, os investimentos feitos não atenderam às expectativas apresentadas inicialmente e o legado que o evento Copa do Mundo 2014 deixou para o Brasil se tornou uma ilusão.

REFERÊNCIAS

ALCATEL-LUCENT. **Alcatel-Lucent 9362 Enterprise cell v2.2 2100 MHz**, 2014. Disponível em: <http://resources.alcatel-lucent.com/?cid=164465> Acesso em: 04 fev. 2015

ALCATEL-LUCENT. **Alcatel-Lucent 9363 Metro cell indoor v2**, 2014. Disponível em: <http://resources.alcatel-lucent.com/?cid=146655> Acesso em: 04 fev. 2015

ALCATEL-LUCENT. **Alcatel-Lucent 9364 Metro cell outdoor v2 2100 MHz**, 2014. Disponível em: <http://resources.alcatel-lucent.com/?cid=155817> Acesso em: 04 fev. 2015

AMERICAS, 4G. **Developing and Integrating a High Performance HET-NET**, 2012.

Disponível em: http://www.4gamericas.org/files/4314/0759/4442/4G_Americas_Developing_Integrating_High_Performance_HET-NET_October_2012.pdf Acesso em: 04 fev. 2015

BLINQ. **Distributed Antenna Systems and Compact Base Stations: When to use Wich?**, 2011. Acesso em: 10 fev. 2015 Disponível em: http://www.blinqnetworks.com/resources/resource/distributed_antenna_systems_and_compact_base_stations_when_to_use_which

BRASILPOST. **Mane Garrincha escritório**, 2015. Disponível em: http://www.brasilpost.com.br/2015/02/10/mane-garrincha-escritorio_n_6841204.html Acesso em: 10 fev. 2015

CANALTECH. **Copa 2014: Veja quais jogos serão gravados em resolução 4K**, 2014.

Disponível em: <http://canaltech.com.br/noticia/copa-do-mundo-2014/Copa-2014-veja-quais-jogos-serao-gravados-em-resolucao-4K/> Acesso em: 15 out. 2014

CASTRO, Alex; LOURENÇO, Rogério B. **Next generation networks**. Rio de Janeiro: UFF, 2005

FAGUNDES, Eduardo Mayer. **Convergência de dados e voz na próxima geração de redes**, 2004. Acesso em 25/04/2014 Disponível em:

http://www.efagundes.com/artigos/Arquivos_pdf/Convergencia_de_dados_e_voz_na_NGN.PDF

FORUM, Small Cell. **Backhaul for urban small cells: a topic brief**, 2014. Disponível em: http://scf.io/en/documents/095_-_Backhaul_for_urban_small_cells_a_topic_brief.php
Acesso em: 04 fev. 2015

FORUM, SmallCell. **Backhaul technologies for small cells**, 2014. Disponível em: http://www.scf.io/en/documents/049_Backhaul_technologies_for_small_cells.php
Acesso em: 04 fev. 2015

FORUM, The DAS. **Distributed Antenna Systems and Small Cells technologies distinguished**, 2013. Disponível em: <http://www.thedasforum.org/resources/send/2-resources/24-das-and-small-cell-technologies-distinguished> Acesso em: 10 nov. 2014

GLOBO. **Seis meses após copa Arena Pantanal é interditada para reparos**, 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2015/01/seis-meses-apos-copa-arena-pantanal-e-interditada-para-reparos.html>
Acesso em: 03 fev. 2015

GRAUER. **D.A.S**, 2014. Disponível em: <http://www.grauer.com.br/DAS.php>
Acesso em: 10 fev. 2015

GROUP, Architecture & Transport Working. **DSL Forum Technical Report TR-126: Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements**.2006. Disponível em: <http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-126.pdf>Acesso em 12/03/2014.

International Telecommunication Union– Telecommunication Standardization Sector. **Recommendation ITU-R SM.1009-1 (10/1995)**, 2010. Disponível em: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1009-1-199510-!!!PDF-E.pdf
Acesso em: 04 fev. 2015

International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector; IETF. **Basic NGN Architecture Principles and Issues**, 2005. Disponível em: <https://www.itu.int/ITU-T/worksem/ngn/200505/presentations/s1-knightson.pdf> Acesso em 04 fev. 2015

International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector. **ITU-T's Definition of NGN**, 2004. Disponível em: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>Acesso em: 04 fev. 2015

International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector. **Recommendation Y.2001: General overview of NGN**. 12/2004.

LANDSTRÖM, Sara; FURUSKÄR, Anders; JOHANSSON, Klas; FALCONETTI, Laetitia; KRONESTEDT, Fredric. **Heterogeneous networks – increasing cellular capacity**, 2011.

Acesso em: 09 mar. 2015 Disponível em:

http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2011/heterogeneous_networks.pdf

NEC, Corporation. **LTE Small Cell MB4300 Series - All-in-One eNobeB**, 2014. Disponível em: <https://www.necam.com/docs/?id=5ebf8b78-8690-4dec-89b1-5fb5f8abde4c>

Acesso em: 04 fev. 2015

OFCOM. **Mobile Phones: Jargon Explained**. Disponível em:

<http://www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/topics/mpsafety/school-audit/jargon.htm>

Acesso em: 04 fev. 2015

PERNAMBUCO, Diário de. **TV brasileira testa transmissão 4k em jogos da copa do mundo**, 2014. Disponível em:

http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/viver/2014/07/07/internas_viver,514604/tv-brasileira-testa-transmissao-4k-em-jogos-da-copa-do-mundo.shtml

Acesso em: 20 out. 2014

RANBERRY. **RANBERRY CELL 100, Outdoor LTE Picocell for hot spots**, 2014.

Disponível em: <http://ranberry.net/img/datasheet/RanberryCell1000ENGv1.2.pdf>

Acesso em: 04 fev. 2015

SALINA, Jigming Li; SALINA, Pascal. **Next Generation Networks: Perspectives and Potentials**. Wiley. 2008.

SINDITELEBRASIL. **Copa no Brasil triplicou o volume de dados da Copa da África do Sul**, 2014. Disponível em: <http://www.sinditelebrasil.org.br/sala-de-imprensa/na-midia/2312-copa-no-brasil-triplicou-o-volume-de-dados-da-copa-da-africa-do-sul> Acesso em: 04 fev. 2015

SKYFIBER. **Breaking the Backhaul Bottleneck: How to Meet Your Backhaul Capacity Needs While Maximizing Revenue**, 2013. Disponível em: http://www.skyfiber.com/assets/docs/pdf/technologyandresouces/WP_SkyFiber_Mobile_Backhaul.pdf Acesso em: 04 fev. 2015

STRAUHS, Faimara; GARCIA, Lilian; DAVID, Denise; CROCETTI, Simone. **Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos do DAELN (NATELN)**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2006.

SVZERZUT, José Umberto. **Redes Convergentes: Entenda a evolução das redes de telecomunicações a caminho da convergência**. Artliber, 2008.

TAVARES, Karla. **Porque a Linha de Visão ou Visada (Line of Sight (LOS)) é tão importante**, 2013. Disponível em: <http://site.techgeo.com.br/2013/07/porque-a-linha-de-visao-ou-visada-line-of-sight-los-e-tao-importante/> Acesso em: 04 fev. 2015

TECMUNDO. **4K**, 2014. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/4k> Acesso em: 26/04/2014

TELECO. **Telecom na Copa no Brasil**, 2014. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/Telcopa.asp> Acesso em: 04 fev. 2015

TELETIME. **Anatel aprova regulamento para frequências ultra altas**, 2014. Disponível em: <http://www.teletime.com.br/07/10/2014/anatel-aprova-regulamento-para-frequencias-ultra-altas/tt/393917/news.aspx> Acesso em: 04 fev. 2015

TELLABS. **Tellabs Solution Brief: SMALL CELLS ADDRESS THE GROWING DEMAND FOR DATA**, 2012. Disponível em: http://www.tellabs.com/solutions/smallcell/tlab_small_cell_sb.pdf Acesso em: 25 out. 2014

WANNSTROM, Jeanette; MALLINSON, Keith. **HetNet/Small Cells**, 2014. Disponível em: <http://www.3gpp.org/hetnet> Acesso em: 04 fev. 2015