

6 INDICADORES DE QUALIDADE DE SERVIÇO

Nesta secção são definidos indicadores de qualidade que permitem caracterizar o desempenho dos serviços suportados em sistemas de comunicações móveis nas suas diferentes fases de acesso e de utilização⁶.

6.1 COBERTURA RÁDIO

6.1.1 DISPONIBILIDADE DA REDE RÁDIO

A disponibilidade da rede é a probabilidade de os serviços móveis estarem disponíveis, para um utilizador, através de uma infraestrutura rádio (cobertura rádio das redes).

$$\text{Disponibilidade da Rede Rádio [\%]} = \frac{\sum \text{Medições com os Serviços Móveis Disponíveis}}{\sum \text{Medições Realizadas}} \times 100$$

(6.1.1)

Considera-se que os serviços móveis estão disponíveis quando os níveis de sinal rádio apresentam valores acima de limiares mínimos que permitam a sua utilização. Estes limiares podem ser ajustados pelos operadores móveis e normalmente apresentam valores diferenciados para GSM, UMTS e LTE.

Um equipamento de medida adequado – *Scanner RF* –, combinado com um sistema de georreferenciação, permite obter os níveis de cobertura das redes móveis nos trajetos objeto de estudo.

Tabela 2 – Níveis de Cobertura GSM, UMTS e LTE

Cobertura	GSM	UMTS	LTE
Muito Boa	−75 dBm ≤ RxLev	−85 dBm ≤ CPICH RSCP	−95 dBm ≤ RSRP
Boa	−85 dBm ≤ RxLev < −75 dBm	−95 dBm ≤ CPICH RSCP < −85 dBm	−105 dBm ≤ RSRP < −95 dBm
Aceitável	−95 dBm ≤ RxLev < −85 dBm	−105 dBm ≤ CPICH RSCP < −95 dBm	−115 dBm ≤ RSRP < −105 dBm
Má	−105 dBm ≤ RxLev < −95 dBm	−115 dBm ≤ CPICH RSCP < −105 dBm	−125 dBm ≤ RSRP < −115 dBm
Inexistente	RxLev < −105 dBm	CPICH RSCP < −115 dBm	RSRP < −125 dBm

⁶ Estes Indicadores de Qualidade de Serviço têm por base as especificações técnicas ETSI TS 102 250, nomeadamente a parte 2, ETSI TR 101 578, ETSI TR 102 678, ETSI TR 102 505, ETSI TR 102 581, ETSI EG 202 057, nomeadamente as partes 3 e 4, ETSI TS 100 910, ETSI TS 143 022, ETSI TS 145 008, ETSI TS 125 304, ETSI TS 136 304, ETSI TS 136 133; as recomendações ITU-T P.863, ITU-T P.863.1, ITU-T J.343, ITU-T J.343.1, ITU-T P.910 e ITU-T Q.3960; e os relatórios ECC Report 256 e ECC Report 103 [ETSI TS 102 250-2, ETSI TR 101 578, ETSI TR 102 678, ETSI TR 102 505, ETSI TR 102 581, ETSI EG 202 057-3, ETSI EG 202 057-4, ETSI TS 100 910, ETSI TS 143 022, ETSI TS 145 008, ETSI TS 125 304, ETSI TS 136 304, ETSI TS 136 133, ITU-T P.863, ITU-T P.863.1, ITU-T J.343, ITU-T J.343.1, ITU-T P.910, ITU-T Q.3960, ECC Report 256, ECC Report 103].

6.2 SERVIÇO DE VOZ

6.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO DE VOZ

A acessibilidade do serviço é a probabilidade de um utilizador ter acesso ao serviço de voz, ou seja, a probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas.

Uma chamada será considerada “Estabelecida com Sucesso” se atingir o terminal chamado (no terminal chamador ouve-se o “sinal de chamar”).

$$Acessibilidade\ do\ Serviço\ [\%] = \frac{\sum Chamadas\ Estabelecidas\ com\ Sucesso}{\sum Tentativas\ de\ Estabelecimento\ de\ Chamadas} \times 100 \quad (6.2.1)$$

6.2.2 TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS DE VOZ

O tempo de estabelecimento de chamadas é o período de tempo que decorre entre o envio de um endereço de destino completo (número de telefone de destino) e o estabelecimento da chamada.

$$Tempo\ de\ Estabelecimento\ de\ Chamadas\ [s] = t_{sinal_chamar} - t_{envio_endereço}$$

$t_{envio_endereço}$ – momento em que o utilizador pressiona o botão de envio.

t_{sinal_chamar} – momento em que a chamada é estabelecida com sucesso (no terminal chamador ouve-se o “sinal de chamar”).

(6.2.2)

6.2.3 RÁCIO DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS DE VOZ

O rácio de terminação de chamadas é a probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter ativa durante um determinado período de tempo, terminando de forma normal, ou seja, de acordo com a vontade do utilizador.

$$Rácio\ de\ Terminação\ de\ Chamadas\ [\%] = \frac{\sum Chamadas\ com\ Terminação\ Normal}{\sum Chamadas\ Estabelecidas\ com\ Sucesso} \times 100 \quad (6.2.3)$$

6.2.4 QUALIDADE ÁUDIO DE CHAMADA DE VOZ

Este indicador quantifica a perçetibilidade da conversação durante uma chamada de voz. São avaliados os dois sentidos da comunicação e apenas são consideradas as chamadas com terminação normal.

A avaliação deste indicador de QoS consiste na comparação da amostra original de áudio enviada, $X(t)$, com a correspondente amostra degradada recebida, $Y(t)$, no outro extremo da chamada, através da aplicação do algoritmo POLQA⁷. O índice objetivo de qualidade áudio obtido através da aplicação deste algoritmo é próximo do que se obteria se a amostra $Y(t)$ fosse submetida à apreciação subjetiva de um painel de utilizadores do serviço.

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado A} [MOS_{LQO}] = f\{X_B(t) ; Y_A(t)\}$$

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado B} [MOS_{LQO}] = f\{X_A(t) ; Y_B(t)\}$$

lado A; lado B – designação dos dois extremos de uma chamada de voz.

MOS_{LQO} – escala de quantificação da qualidade áudio percebida (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*).

f – função correspondente à aplicação de um algoritmo de cálculo e função de conversão dos resultados em valores MOS_{LQO}.

X_A(t); X_B(t) – amostra original de áudio enviada a partir do lado A (B).

Y_A(t); Y_B(t) – amostra degradada de áudio recebida no lado A (B), resultante da transmissão da amostra original *X_B(t)* (*X_A(t)*).

(6.2.4)

Os resultados da aplicação do algoritmo são apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por MOS_{LQO} (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*), tal como indicado na *Tabela 3*. A escala MOS quantifica o esforço necessário para se perceber uma comunicação.

Tabela 3 - Escala MOS_{LQO}

MOS	Qualidade
5	Excelente
4	Boa
3	Aceitável
2	Pobre
1	Má

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias (“n”) amostras de áudio $\{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t) ; Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_n(t)\}$, o indicador *Qualidade Áudio de Chamada* é calculado através da média aritmética dos valores obtidos pela aplicação da expressão acima

⁷ POLQA – *Perceptual Objective Listening Quality Assessment* [ITU-T P.863, ITU-T P.863.1].

apresentada a cada par de amostras de áudio, ou seja:

$$Qualidade \text{ \textit{Áudio de Chamada}}_{lado \ A} [MOS_{LQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{X_{i_B}(t) ; Y_{i_A}(t)\}}{n}$$

$$Qualidade \text{ \textit{Áudio de Chamada}}_{lado \ B} [MOS_{LQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{X_{i_A}(t) ; Y_{i_B}(t)\}}{n}$$

(6.2.5)

6.3 SMS – SERVIÇO DE MENSAGENS CURTAS

6.3.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO SMS

A acessibilidade do serviço é a probabilidade de um utilizador ter acesso ao serviço de mensagens SMS, ou seja, a probabilidade de sucesso no envio de mensagens SMS.

$$Acessibilidade \text{ do Serviço SMS } [\%] = \frac{\sum Mensagens \text{ Enviadas com Sucesso}}{\sum Tentativas \text{ de Envio de Mensagens}} \times 100$$

(6.3.1)

6.3.2 TEMPO DE ENTREGA DE MENSAGEM SMS

O tempo de entrega de mensagem SMS corresponde ao período temporal que decorre entre o início do envio da mensagem para o *Centro de Mensagens (SMSC)* e o fim da receção da mesma mensagem pelo equipamento terminal de destino.

$$Tempo \text{ de Entrega de Mensagem SMS } [s] = t_{fim_receção} - t_{início_envio}$$

$t_{início_envio}$ – momento em que o utilizador inicia o envio da mensagem SMS.

$t_{fim_receção}$ – momento em que o equipamento terminal de destino termina a receção da mensagem SMS enviada pelo equipamento terminal originador.

(6.3.2)

As mensagens entregues com erros ou fora da janela temporal predefinida e as multirreceções de mensagens não são consideradas no cálculo deste indicador. Uma mensagem SMS é considerada recebida com erro desde que, pelo menos, um dos seus *bits* não esteja correto.

6.3.3 RÁCIO DE ENTREGA DE MENSAGEM SMS

O rácio de entrega de mensagem SMS é a probabilidade de uma mensagem ser entregue com sucesso ao destinatário, ou seja, a relação entre o número de mensagens recebidas com sucesso pelo equipamento terminal de destino e o número de mensagens enviadas pelo equipamento terminal de origem.

$$\text{Rácio de Entrega de Mensagem SMS [\%]} = \frac{\sum \text{Mensagens Recebidas com Sucesso}}{\sum \text{Tentativas de Envio de Mensagens}} \times 100 \quad (6.3.3)$$

As mensagens entregues com erros ou fora da janela temporal predefinida são consideradas falhadas para efeitos de cálculo deste indicador. Uma mensagem SMS é considerada recebida com erro desde que, pelo menos, um dos seus *bits* não esteja correto.

As multirrecepções de mensagens não são contabilizadas neste indicador.

6.4 SERVIÇOS DE DADOS

6.4.1 RÁCIO DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS (HTTP, HTTP WEB BROWSING E YOUTUBE VIDEO STREAMING)

Esta é a probabilidade de uma sessão de dados (Transferência de Ficheiros – *HTTP upload/download* –, Navegação na Internet – *HTTP web browsing* – ou *YouTube Video Streaming*) ser estabelecida e decorrer com sucesso, ou seja, manter-se ativa durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros (*HTTP upload/download*), permitir a transferência da totalidade da página *web* (*HTTP web browsing*) ou permitir a transferência e a reprodução completa de conteúdos multimédia (*YouTube Video Streaming*).

$$\text{Rácio de Terminação de Sessões de Dados [\%]} = \frac{\sum \text{Sessões Terminadas com Sucesso}}{\sum \text{Tentativas de Estabelecimento de Sessões}} \times 100 \quad (6.4.1)$$

6.4.2 VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS (HTTP)

Este indicador quantifica a velocidade média de transferência de dados durante uma sessão de *Transferência de Ficheiros (HTTP upload/download)*.

No cálculo deste indicador, apenas são consideradas as sessões de utilização do serviço terminadas com sucesso (as que se mantiveram ativas durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros).

$$\text{Velocidade de Transferência de Dados [kbps]} = \frac{\text{Dimensão da Informação Enviada ou Recebida [kbit]}}{\text{Tempo de Envio ou de Receção [s]}}$$

Tempo de Envio ou de Receção – Período predefinido para envio ou receção de informação. Não inclui o tempo necessário para estabelecer as sessões de dados (fases de registo na rede de comutação de pacotes, de ativação do contexto PDP (para GSM/UMTS) ou *Dedicated EPS Bearer Setup* (para LTE) e de autenticação no servidor remoto).

(6.4.2)

6.4.3 DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE PÁGINA WEB (*HTTP WEB BROWSING*)

Este indicador quantifica o tempo médio necessário para a transferência de uma página web (de referência ou outra).

No cálculo deste indicador, apenas são consideradas as sessões de utilização do serviço terminadas com sucesso (as que permitiram a transferência da totalidade da página web).

$$\text{Duração de Transferência da Página web [s]} = t_{\text{fim_receção}} - t_{\text{pedido_página_web}}$$

$t_{\text{pedido_página_web}}$ – momento em que o equipamento de utilizador efetua o pedido de receção da página web.
 $t_{\text{fim_receção}}$ – momento em que a totalidade da página web é recebida pelo equipamento de utilizador.

(6.4.3)

6.4.4 TEMPO ATÉ INÍCIO DE VISUALIZAÇÃO DE CONTEÚDOS (*YOUTUBE VIDEO STREAMING*)

O *Tempo até Início de Visualização de Conteúdos em Sessão de YouTube Video Streaming* é o período de tempo que decorre entre o pedido de um conteúdo multimédia (o utilizador “pressiona” em “play”) e o início da reprodução (visualização da primeira imagem) do mesmo conteúdo no equipamento terminal de utilizador.

$$\text{Tempo até Início de Visualização de Conteúdos [s]} = t_{\text{início de reprodução}} - t_{\text{pedido do conteúdo}}$$

$t_{\text{pedido do conteúdo}}$ – momento em que o utilizador efetua o pedido de um conteúdo.
 $t_{\text{início da reprodução}}$ – momento em que ocorre o início da reprodução dos conteúdos solicitados no terminal do utilizador.

(6.4.4)

6.4.5 DURAÇÃO DAS INTERRUPÇÕES (YOUTUBE VIDEO STREAMING)

Este indicador agrega a duração de todas as interrupções ou paragens na reprodução (*freezing*) ocorridas durante uma sessão de *YouTube Video Streaming* com terminação normal. Apenas são consideradas as interrupções perceptíveis para o utilizador (com duração superior a 120 ms [ETSI TR 101 578]).

$$Duração\ das\ Interrupções\ [s] = \sum_{i=0}^n (Duração\ de\ Interrupção)_i\ [s]$$

n – número total de interrupções ocorridas durante uma sessão.

(6.4.5)

6.4.6 QUALIDADE VÍDEO (YOUTUBE VIDEO STREAMING)

Este indicador quantifica a qualidade visual da comunicação, durante uma sessão *YouTube Video Streaming*. Apenas são consideradas as sessões com terminação normal.

A qualidade vídeo é estimada através do algoritmo definido pela ITU na sua recomendação J.343.1 [ITU-T J.343.1]. Este algoritmo baseia-se num modelo sem-referência⁸ (*Hybrid-NRe – hybrid no-reference encrypted*), ou seja, a qualidade visual é estimada através da análise do vídeo recebido e sem ser conhecido o vídeo originalmente transmitido.

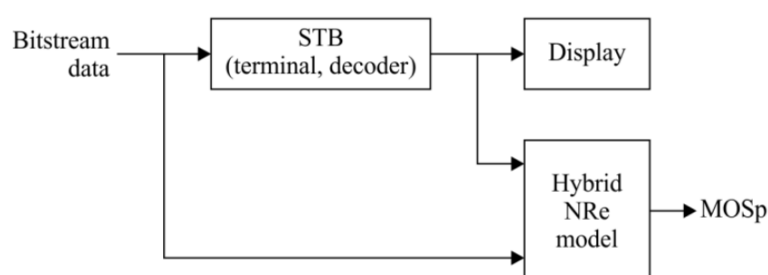


Figura 3 – Diagrama de blocos do modelo *Hybrid-NRe* [ITU-T J.343.1].

O modelo *Hybrid-NRe* permite medir o efeito visual das degradações espaciais e temporais resultantes da codificação, erros de transmissão ou redimensionamento do vídeo transmitido.

⁸ A utilização de um modelo “sem-referência” possibilita a realização de testes com qualquer conteúdo público disponível no *YouTube*.

A qualidade visual, estimada por este modelo, é apresentada numa escala MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5, derivada da escala ACR (*absolute category rating*) definida na recomendação P.910 da ITU [ITU-T P910] e apresentada na *Tabela 4*.

Tabela 4 - Escala MOS [ITU-T P.910]

MOS	Qualidade
5	Excelente
4	Boa
3	Aceitável
2	Pobre
1	Má

6.4.7 RESOLUÇÃO DE REPRODUÇÃO DE VÍDEO (*YOUTUBE VIDEO STREAMING*)

Numa sessão de *YouTube Video Streaming*, o portal *YouTube* possibilita a adaptação dinâmica da resolução vídeo dos conteúdos transmitidos, otimizando-a para a largura de banda disponível e as características do equipamento terminal móvel, melhorando a experiência de visualização.

Este indicador quantifica a resolução de reprodução de vídeo média de uma sessão *YouTube Video Streaming*. Apenas são consideradas as sessões com terminação normal.

$$\text{Resolução de Reprodução de Vídeo } [p] = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Resolução de fragmento de vídeo})_i [p]}{n}$$

n – número total de fragmentos de vídeo que compõem o conteúdo recebido no equipamento terminal móvel.

(6.4.6)

6.4.8 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Este indicador quantifica o tempo necessário para que um pacote de informação viaje desde o equipamento de utilizador até ao *Servidor Dedicado* ou *vice-versa*. Este atraso corresponde a metade do *Round Trip Time* (RTT) obtido pela ferramenta *Ping* (*ICMP echo*).

$$\text{Latência de Transmissão de Dados } [ms] = \frac{\text{Ping}_{RTT} [ms]}{2}$$

(6.4.7)