

4 Enlaces testados e metodologia

Neste capítulo serão apresentadas as características dos enlaces em que foram realizadas as medidas utilizadas. A seguir são mostradas, passo a passo, todas as etapas de desenvolvimento do trabalho.

Basicamente, divide-se o trabalho em duas etapas principais:

- Etapa de levantamento e coleta dos dados de desempenho da rota rádio utilizada para o estudo
- Etapa de cálculo da predição de desempenho da rota, baseada na Recomendação ITU-R P.530-10.
- Comparação dos resultados medidos com os previstos e com os limites estabelecidos pelas outras recomendações.

4.1. Levantamento e coleta dos dados de desempenho do tronco rádio

Nesta etapa foi feito todo o levantamento dos dados de topologia do tronco rádio, de tecnologia de equipamento rádio empregado, características geográficas e sistêmicas da região.

Além disso, foi estudada e implementada a melhor forma de obtenção dos dados de desempenho da rota através da gerência de desempenho proprietária existente para a monitoração da rota.

4.1.1. Características da localização geográfica do tronco rádio.

Inicialmente foi feita uma abordagem generalizada do clima brasileiro. O clima do Brasil pode ser classificado em geral como equatorial, tropical e subtropical, mas dentro do território brasileiro há muitas diferenças quanto ao clima em mesmas regiões. Para um estudo mais preciso do clima do Brasil é necessária uma classificação mais específica. Atualmente a melhor classificação é a de Koppen que leva em conta fatores como relevo, regime de chuvas,

temperatura, entre outros, e representa com letras características de temperatura e regime de chuvas nas diversas estações do ano.¹⁷ Numa visão global, o Brasil está localizado em duas áreas climáticas, já que 92% do território está acima do trópico de capricórnio, sendo então da zona tropical. Apenas a região sul e o sul de São Paulo se localizam na zona temperada. Outro fator marcante do Brasil é seu grande e extenso litoral, fazendo assim um país bastante úmido. A Figura 12 mostra um mapa de classificação mais precisa, feita por Koppen - Geiger.¹⁷



Figura 12: Classificação precisa do clima brasileiro

O tronco rádio CBA-GNA está localizado na região Centro Oeste do Brasil e interliga as cidades de Cuiabá e Goiânia.

Essa região possui um clima que varia pouco e que é influenciado pela altitude. Mesmo não apresentando um clima variado, a região tem uma grande faixa de variação térmica. Em média ao longo dos anos as mínimas são de 5° C e as máximas chegam a 41° C. Tipicamente, o clima da região é tropical e na classificação mais específica encontram-se três tipos de clima: Cwa (temperaturas moderadas com verões quentes e chuvosos), Aw (temperaturas elevadas, chuva no

verão e seca no inverno) e Am (temperaturas elevadas com alto índice pluviométrico). O Cwa observa-se nas áreas mais altas de Goiás e no sul do Mato Grosso do Sul. Já o Am encontra-se na parte norte do Mato Grosso e o Aw em todos os estados em sua maioria. Portanto o tronco rádio CBA-GNA está submetido aos climas Aw na maior parte do tronco, e ao clima Cwa apenas no trecho situado nas áreas mais altas do estado de Goiás.

Estas características climáticas favorecem a ocorrência de multipercurso atmosférico e dutos troposféricos devido principalmente aos fenômenos meteorológicos de radiação e evaporação. As medidas realizadas no tronco considerado mostram a ocorrência regular, de fato diária, de intenso desvanecimento.

A tabela 5 mostra a localização das estações rádio do tronco CBA-GNA.

ESTAÇÃO A	LATITUDE	LONGITUDE	Altura do Solo (m)
CUIABA	15°35'52.2"	56°5'26.7"	194
CHAPADA DOS GUIMARÃES	15°27'38"	55°44'59"	832
SÃO JOSÉ DA SERRA	15°53'46"	56°5'48"	847
PLACA DE SANTO ANTÔNIO	16° 7' 34.7"	54° 50' 21.6"	370
RONDONÓPOLIS	16° 22' 31"	54° 42' 25"	375
PEDRA PRETA	16° 35' 47.4"	54° 29' 44.9"	297
SERRA DA PETROVINA	16° 47' 22"	54° 29' 44.9"	732
ALTO GARÇAS	16° 51' 12.3"	53° 51' 47"	761
ALTO ARAGUAIA	17° 8' 12.2"	53° 26' 43.1"	809
PORTELÂNDIA	17 22' 51.8"	52° 53' 46.5"	948
MINEIROS	17° 28' 33.5"	52° 33' 58.7"	913
SERRA AZUL	17° 40' 54.9"	52° 13' 20.8"	906
JATAI	17° 46' 40.7"	51° 40' 10.3"	895
BONSUCESSO	17° 49' 57.4"	51° 15' 21,5"	866
RIO VERDE	17° 47' 28.5"	50° 53' 20"	797
SANTO ANTÔNIO DA BARRA	17° 31' 19.7"	50° 40' 56"	804
ACREUNA	17° 19' 34.5"	50° 19' 29.9"	607
INDIARA	17° 6' 1.2"	50° 7' 3.1"	673
POSSELÂNDIA	16° 56' 36.1"	49° 36' 37.1"	909
GOIÂNIA	16° 43' 24.3"	49° 15' 50.4"	893

Tabela 5: Localização geográfica das estações do tronco CBA-GNA

4.1.2. Topologia do tronco rádio

O tronco rádio CBA-GNA, possui ao todo 20 estações rádio, divididas da seguinte forma: duas estações terminais, quatro repetidoras com abertura de banda básica e quatorze repetidoras simples (sem abertura de banda básica).

A distância total do tronco é de 870 km. Os comprimentos dos lances variam de um mínimo de 31 km a um valor máximo de 65 km.

O sistema opera na faixa de 6 GHz baixa, ou seja, faixa de 5,925 GHz a 6,425 GHz, com espaçamento entre canais de 29,65 MHz e taxa de transmissão de 155 Mbit/s. Esse plano de canalização de frequência adotado permite a sua operação com até 8 portadoras. Entretanto o tronco CBA-GNA está atualmente operando com apenas 4 portadoras, sendo 3 para transporte de informações e uma para a proteção do tronco rádio, sendo então designado como um tronco 3+1.

A tabela 6 abaixo mostra as distâncias entre as estações do tronco.

ESTAÇÃO A	ESTAÇÃO B	Comprimento do Lance(Km)
CUIABA	CHAPADA DOS GUIMARÃES	48
CHAPADA DOS GUIMARÃES	SÃO JOSÉ DA SERRA	64,5
SÃO JOSÉ DA SERRA	PLACA DE SANTO ANTÔNIO	47
PLACA DE SANTO ANTÔNIO	RONDONÓPOLIS	45,9
RONDONÓPOLIS	PEDRA PRETA	33,3
PEDRA PRETA	SERRA DA PETROVINA	42,9
SERRA DA PETROVINA	ALTO GARÇAS	31,2
ALTO GARÇAS	ALTO ARAGUAIA	54,4
ALTO ARAGUAIA	PORTELÂNDIA	64,3
PORTELÂNDIA	MINEIROS	38,6
MINEIROS	SERRA AZUL	49
SERRA AZUL	JATAÍ	59,6
JATAÍ	BONSUCESO	44,3
BONSUCESO	RIO VERDE	39,2
RIO VERDE	SANTO ANTÔNIO DA BARRA	37
SANTO ANTÔNIO DA BARRA	ACREUNA	43,7
ACREUNA	INDIARA	33,3
INDIARA	POSSELÂNDIA	56,7
POSSELÂNDIA	GOIANIA	44,3

Tabela 6: Comprimento dos lances do tronco CBA-GNA

4.1.3. Características do equipamento rádio empregado

O equipamento rádio para o tronco CBA-GNA é do fabricante Alcatel, adequado para a utilização em um sistema rádio digital de alta capacidade e para longa distância (“long haul”), cujo modelo é o Alcatel 9662LH (155Mbit/s – 6GHz).

A tabela 7 abaixo ilustra as características técnicas desse rádio.

DESCRIÇÃO	155 Mb/seg (INDOOR)
LIMIAR 10-3	- 74 dBm
LIMIAR 10-6	- 71.5 dBm
LIMIAR 10-8	-70.5 dBm
LIMIAR P/SESR	-73.0 dBm (10-4)
LIMIAR P/ SATURAÇÃO	-21dBm
FIGURA DE RUÍDO	2.5 dB
KTBF	- 97.7 dBm
ATENUADOR FIXO (TX ou RX)	3,6,10,20,30 dB
Kn	0.44
TAXA BRUTA	178 Mbit/s
MODULAÇÃO	128QAM
FAIXA	6.0GBAIXA
BRANCHING POR LANCE	4.9 dB
EMIÇÃO	24M0D7W

Tabela 7: Características técnicas do rádio Alcatel 9662LH

4.1.4. Metodologia empregada para obtenção dos dados de desempenho

O sistema de gerência proprietário da Alcatel, empregado para monitoração de falha e de desempenho do tronco rádio CBA-GNA, permite tarefas de coleta de dados de desempenho em equipamentos denominados ADMs. A coleta pode ser realizada por Seção de Multiplexação, para permitir que o desempenho da rede seja mantido entre seus nós e fornecer a maioria das informações de gerenciamento da rede, e por Seção de Regeneração, para permitir que o desempenho da rede seja mantido entre os regeneradores (Estações Repetidoras) ou entre um regenerador e qualquer outro elemento de rede, possibilitando a localização de falhas.^{14,15}

Um ADM é um equipamento multiplex que permite a inserção e a extração de tributários de baixa ordem, normalmente VC12, e a formação de um agregado, normalmente um VC-4 que irá fazer parte da banda básica carregada pelos canais de radiofrequência (RF) do rádio.¹⁶

Um VC-4 é um container virtual de ordem superior, trata-se de uma estrutura de informação utilizada para permitir conexões entre camadas de via de ordem superior através da Hierarquia Digital Síncrona (SDH).

Um VC-12 é um container virtual de ordem inferior, trata-se de uma estrutura de informação utilizada para permitir conexões entre camadas de via de ordem inferior através da SDH.

Para o tronco rádio CBA-GNA foram agendadas coletas de dados de desempenho entre todas as Estações Repetidoras e entre Estações Terminais e Repetidoras ao nível de Seção de Regeneração (SRS). Foram também agendadas tarefas de coleta de dados de desempenho entre os ADMs, ao nível de Seção de Multiplexação, nas Estações rádio onde há inserção e extração de dados, que são as Estações de Cuiabá, Jataí, Rio Verde e Goiânia.

A granularidade da coleta foi definida para períodos diários de 24 horas e os períodos em que as tarefas estiveram ativas foram entre junho de 2002 a maio de 2003(primeiro período) e entre junho de 2003 a março de 2004(segundo período).

Para o primeiro período só foram obtidos dados extraídos dos ADMs, de modo que só foi considerado adequado para a utilização no estudo da dissertação o período entre junho de 2002 e janeiro de 2003. O anexo A é uma amostra do formato dos dados após serem extraídos do sistema de gerência, para o ADM da estação de Jataí. Foram obtidos no total quatro arquivos com aproximadamente 125Kb, cada.

O arquivo de extração vem no formato *.csv e traz os resultados diários dos seguintes eventos de desempenho do sistema:

- BBE, ES, SES, medidos na Estação da coleta que no anexo A é Jataí
- FEBBE, FEES, FESES, que são os eventos acima só que medidos na estação remota, que no exemplo do anexo A é Cuiabá
- UASBID, que é o total de UAS medido nos dois sentidos, ou seja bidirecional
- PJC, que é a justificação de ponteiro (relaciona-se com a falha de sincronismo)
- LOD, é um parâmetro próprio da Alcatel que indica se os valores dos parâmetros acima obtidos neste período podem ou não ser utilizados na avaliação de desempenho. Quando LOD igual a zero, significa que os dados estão corretos e que não houve perda de dados, portanto os valores dos parâmetros podem ser utilizados na avaliação de desempenho do tronco rádio.

Para a realização deste trabalho foi feita a conversão do arquivo no formato csv para o formato xls, próprio do Microsoft Excel.

Com o arquivo convertido para o Excel é feita a seleção dos dados válidos, através da filtragem dos registros com LOD = 0, separados os períodos mensais e feita a totalização dos parâmetros diários, a fim de se obter o resultado do desempenho do tronco rádio para cada mês.

Após obter o valor mensal dos eventos é feito o cálculo dos parâmetros de desempenho, conforme definido na Recomendação ITU-T G.826.

O anexo B é uma amostra desse arquivo com a totalização mensal dos eventos para o trecho Jataí – Cuiabá e o anexo C é o resultado do cálculo dos parâmetros SESR e ESR para os meses de julho de 2002 a janeiro de 2003. Não foi calculado o parâmetro BBER por não ser necessário para o desenvolvimento da dissertação.

O mesmo procedimento foi realizado com os dados extraídos dos ADMs de Cuiabá, Jataí, Rio Verde e Goiânia no período de junho de 2003 a janeiro de 2004. Novamente, foram obtidos inicialmente quatro arquivos no formato csv com aproximadamente 125Kb, que após tratamento resultaram nos parâmetros ESR e SESR, necessários para o desenvolvimento da dissertação.

Neste segundo período de análise também foram extraídos dados das Seções de Regeneração, através da criação de tarefas de monitoração de desempenho em todas as Estações do tronco rádio CBA-GNA. A extração de dados das Seções de Regeneração resultou em aproximadamente 25 arquivos com a extensão .csv e com aproximadamente 120Kb, cada.

Esses dados, entretanto, foram extraídos diretamente do equipamento rádio repetidor, nas Estações Repetidoras e diretamente do equipamento rádio terminal, nas Estações Terminais.

O anexo D é uma amostra do formato dos dados extraídos do sistema de gerência, para uma Estação Repetidora e o anexo E é uma amostra para uma Estação Terminal.

As informações contidas no arquivo de extração são resultados de eventos de ES, SES e UAS, totalizados em períodos de 24horas, por canal rádio (RF) e por direção leste e oeste.

Além desses eventos também aparece um evento designado de ER, provavelmente taxa de erro, que não foi considerado e o parâmetro LOD, que tem a mesma função e interpretação do arquivo extraído do ADM.

A partir desse ponto foi dado o mesmo tratamento feito anteriormente para os arquivos extraídos das Seções de Multiplexação.

Os arquivos csv foram convertidos em xls, formato do Excel, separados por períodos mensais, feito o somatório dos valores diários dentro do mês para cada evento de ES, SES e UAS e calculado o valor dos parâmetros ESR e SESR mensal para cada Seção de Regeneração.

O anexo F é uma amostra do arquivo xls tratado, para uma Estação Repetidora e o anexo G é uma amostra do arquivo xls tratado, para uma Estação Terminal.

Após a obtenção dos parâmetros mensais, foi criada uma tabela no Excel com o resultado mensal de cada Seção de Multiplexação. O resultado do desempenho mensal total do tronco rádio foi obtido somando-se os valores dos meses coincidentes de cada Seção de Multiplexação. Esse somatório foi realizado para os dois períodos de coleta de dados. O anexo H é a tabela resultado das Seções de Multiplexação para o período de julho de 2002 a janeiro de 2003 e o anexo I é a tabela resultado das Seções de Multiplexação para o período de junho de 2003 a janeiro de 2004.

O mesmo tratamento foi realizado para todas as Seções de Regeneração para o período de junho de 2003 a janeiro de 2004, a fim de se obter também o desempenho total do tronco rádio, através da monitoração das Seções de Regeneração.

O anexo J é uma amostra do arquivo xls com o resultado mensal para uma Estação Repetidora (direção leste e oeste) e anexo K é uma amostra do arquivo xls para uma Estação Terminal (uma única direção).

Foi também gerada uma tabela com a soma dos resultados mensais de todas as Estações Repetidoras e Terminais. Essa tabela expressa o resultado de todo o tronco rádio CBA-GNA, obtido através da monitoração das Seções de Regeneração em ambas as direções (leste e oeste), e exemplificado pelo anexo L.

De posse desses valores já é possível avaliar com detalhes e boa precisão o desempenho do tronco rádio como um todo e de cada Seção de Regeneração, permitindo inclusive detectar as Seções críticas do tronco, e avaliar a precisão do modelo de predição de desempenho, proposto na

Recomendação do ITU-T P.530-10, bem como a sua aplicabilidade em regiões com clima tropical que é o principal objetivo dessa dissertação.

4.2.Cálculo da predição de desempenho do tronco rádio CBA – GNA

Para essa etapa foi utilizado o programa “Wings Planner”. Esse programa faz a predição de desempenho, lance a lance e também de todo o tronco rádio digital, através da aplicação da Recomendação ITU-T P.530-10.

Para que a predição seja realizada é necessária a utilização de um mapa digitalizado do relevo da região onde estão localizadas as estações do tronco rádio. Foi utilizado um mapa da América do Sul, disponibilizado pela NASA, com uma resolução de 900 metros.

Sobre esse mapa foram inseridas em suas coordenadas geográficas, todas as estações do tronco rádio CBA-GNA, e criados os enlaces entre as estações.

A figura 13 mostra o tronco rádio inserido no mapa.

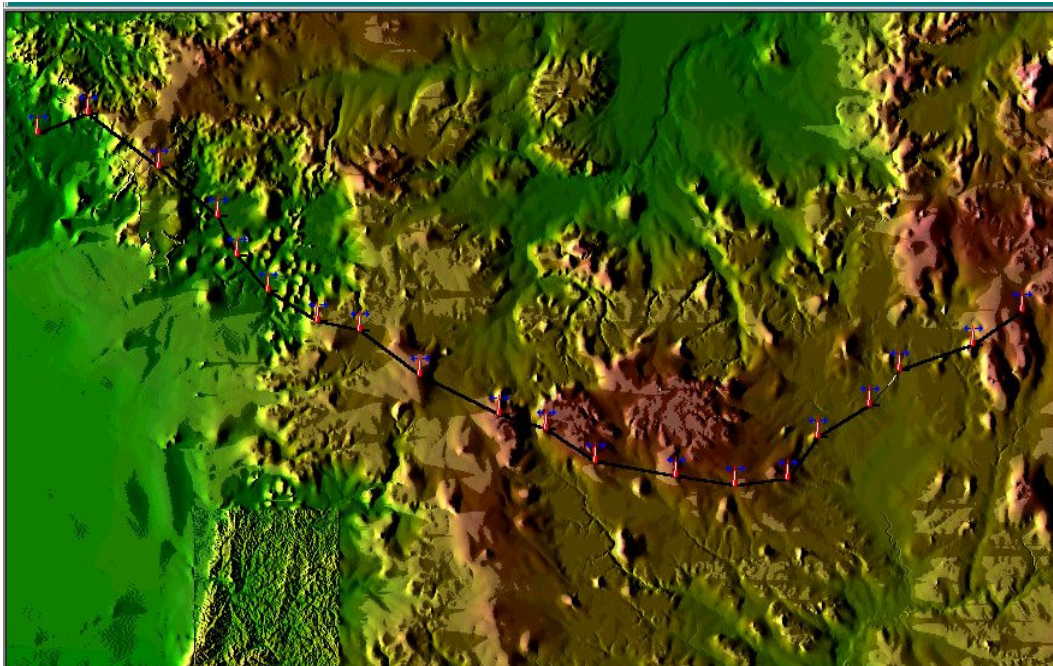


Figura 13: Tronco CBA-GNA

A seguir foram adicionados todos os dados técnicos necessários referentes a cada estação:

- Coordenadas geográficas (latitude e longitude)
- Altura das antenas

- Altura das antenas de diversidade de espaço, quando o enlace possui diversidade
- Característica do equipamento rádio, como taxa de transmissão, tipo de modulação, parâmetro de assinatura (kn), perdas por derivação, potência de transmissão, ganho das antenas, figura de ruído, faixa de frequência, fator de roll – off e polarização das antenas.

De posse desses dados o programa traça o perfil de todos os lances e apresenta os percentuais de liberação para condição de Kmin (2/3) e para Kmed (4/3).

As figuras 14 e 15 abaixo ilustram o perfil traçado para o lance Serra Azul – Mineiros e para o lance Serra Azul – Jataí.

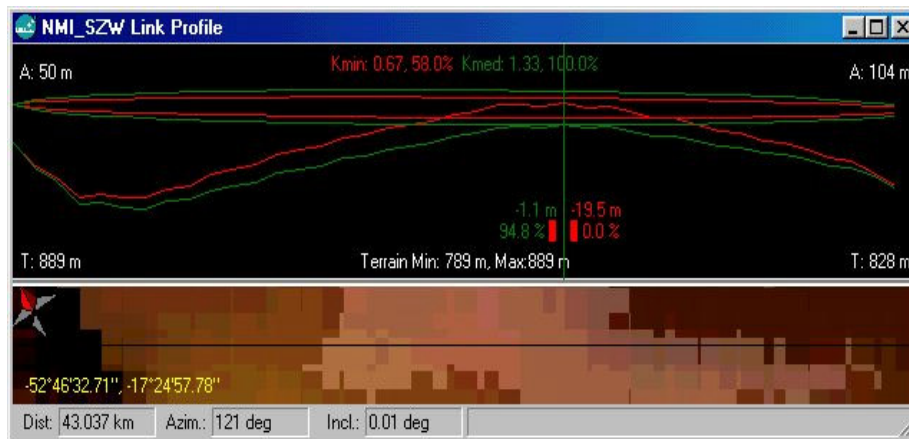


Figura 14: Perfil do lance Serra Azul – Mineiros



Figura 15: Perfil do lance Serra Azul – Jataí

O programa também calcula a predição de desempenho dos enlaces individuais, fornecendo os valores esperados para ESR, SESR e BBER e os valores do fator geoclimático k e do desvio padrão das alturas do terreno em metros, S_a , para cada enlace.

A figura 16 mostra como são apresentados esses dados calculados pelo programa para um lance típico. Como exemplo foi escolhido o lance Chapada dos Guimarães – São José da Serra.

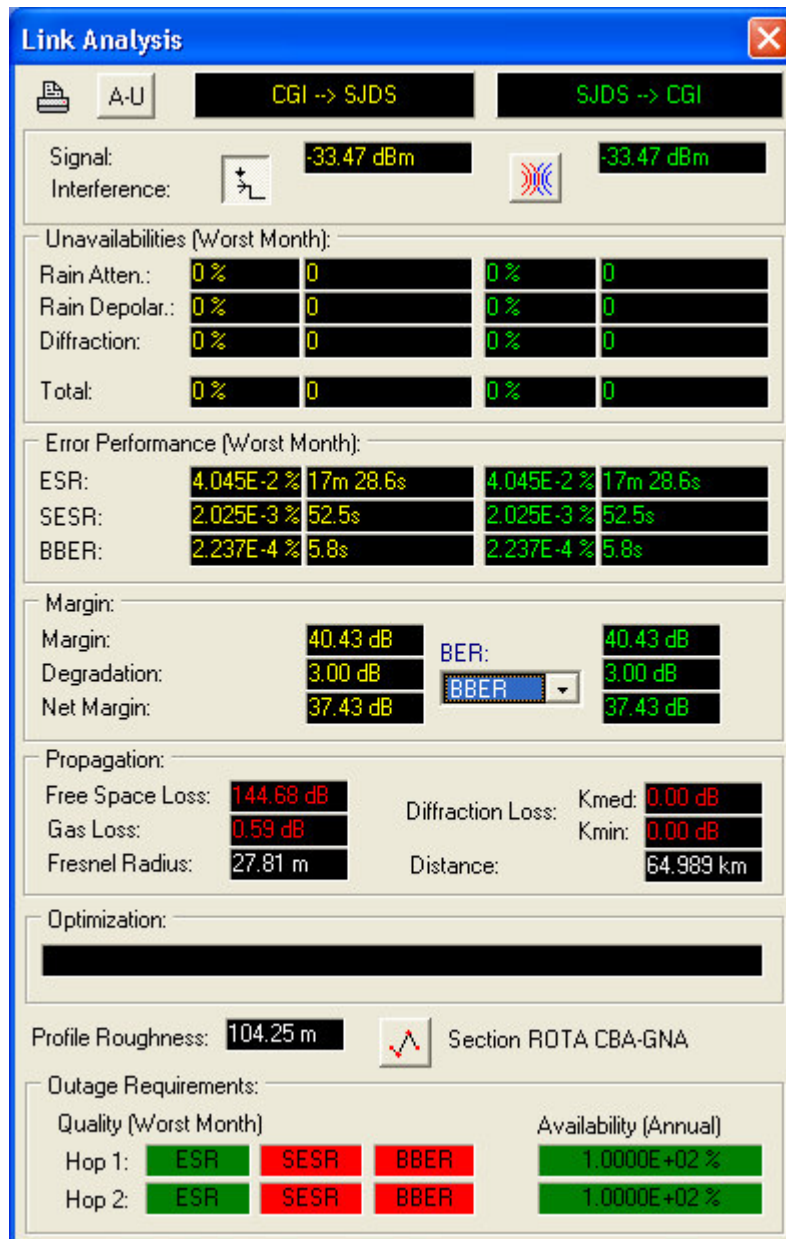


Figura 16: Dados de desempenho calculados para o lance CGI - SJDS

Para o cálculo dos resultados de desempenho foi adotada uma degradação por interferência fixa de 3dB, para todos os enlaces.

O programa também fornece o resultado do ESR, SESR e BBER do tronco rádio como um todo, ou seja, o desempenho total do tronco rádio.

A figura 17 abaixo mostra o resultado do cálculo de desempenho para todo o tronco rádio, destacado na área em vermelho da figura. O cálculo de indisponibilidade aparece destacado na área verde cujo total é de 6m 31.3s, correspondendo a uma disponibilidade de 99,985%, superior ao valor do objetivo que é de 99,897%.

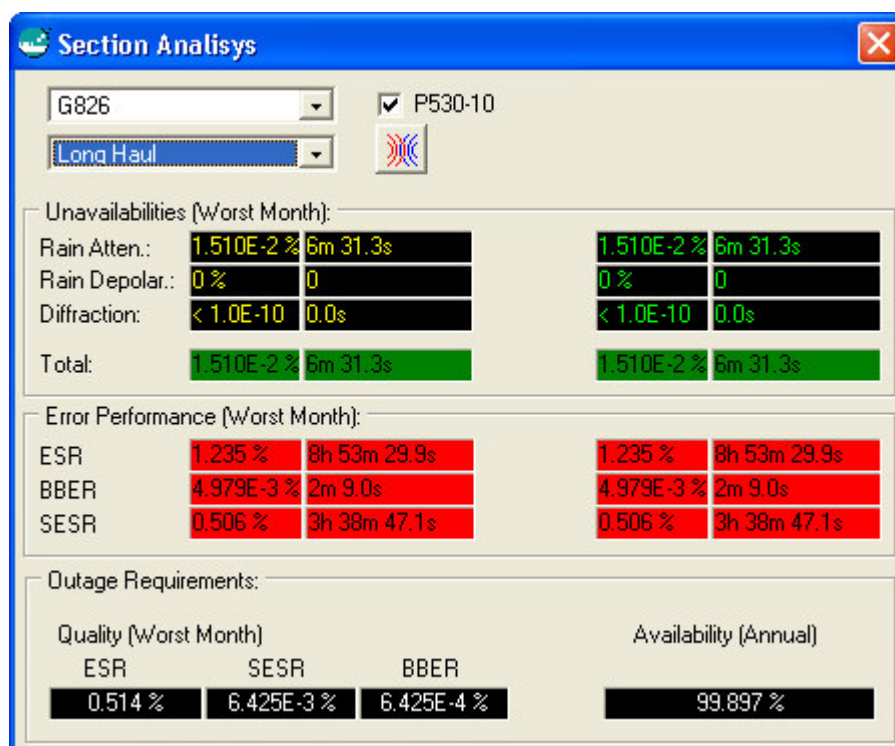


Figura 17: Dados de desempenho calculados para o tronco CBA-GNA