

IMPLANTAÇÃO DE UM REPETIDOR CELULAR NO MUNICÍPIO DE ATALAIA DO NORTE/AM.

**Raimundo Max Barbosa GRAÇA (1); João Batista Pinto de OLIVEIRA (2);
Carlos Gomes FONTINELLE (3); João Renato Aguiar SOARES (4).**

(1) Unidade Descentralizada de Ensino de Manaus / CEFET - AM, Av. Gov. Danilo Areosa, S/N, 3613 3535, fax 3613 3530, email: maxgraca@yahoo.com.br

(2) Unidade Descentralizada de Ensino de Manaus / CEFET - AM, email: jbpoliveira@cefetam.edu.br

(3) Unidade Descentralizada de Ensino de Manaus / CEFET – AM, email: carlos_fontinelle.cnmn@infraero.gov.br

(4) Unidade Descentralizada de Ensino de Manaus / CEFET – AM, email: jraguiars@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo fazer uma pesquisa de campo e apresentar uma solução economicamente viável para prover a sede do município de Atalaia do Norte com o serviço de telefonia móvel celular, aproveitando o sinal radioelétrico da Estação Rádio-Base (ERB) emitido no município de Benjamin Constant, por meio do uso de repetidor celular. No embasamento teórico são abordados os conceitos e as características técnicas relativos ao uso dos equipamentos com tecnologia de comunicação celular. Também se fazem presentes os cálculos para a estimativa da perda de propagação do sinal desde sua emissão na ERB doadora até o repetidor a ser instalado a 25 km de distância. Já na busca da localização do melhor lugar para a instalação do equipamento repetidor, mediu-se a intensidade do sinal recebido em vários pontos da sede do município de Atalaia do Norte e observou-se que o de maior intensidade é o obtido na Praça da Mangueira, sendo, para tanto, necessário avaliar também o maior número possível de assinantes a serem contemplados com o repetidor celular, pois estes possuem geralmente raios de cobertura de aproximadamente 600 m. Com isto, é possível fazer um dimensionamento do sistema, indicando-se quais os componentes mais adequados para a realidade local, como também estimar o custo total para sua implantação e predição de desempenho na propagação do sinal (*link budget*).

Palavras-chave: Telefonia móvel celular, repetidor celular, comunicação celular, perda de propagação e medição de sinal radioelétrico.

1. INTRODUÇÃO

Muitos ainda são os municípios e comunidades da Amazônia que não dispõem de qualquer tipo de sistema de telecomunicação. No que diz respeito à telefonia móvel celular, os números são ainda menores. Segundo a ANATEL (2006), no Amazonas apenas 38,71% das cidades são atendidas por este serviço. Prover esses lugares com serviços de telecomunicação gerariam vultosos custos para as operadoras, difíceis de serem compensados, devido às características naturais e demográficas da região.

Dentre os municípios que são atendidos pelo Serviço Móvel Celular (SMC) na Região Amazônica, a maioria, devido sua pequena dimensão, é servida por sistemas celulares que possuem apenas uma célula, de raio de cobertura relativamente grande. Os sinais destas células propagam-se por grandes distâncias, chegando, mesmo que com baixa intensidade, até cidades próximas. Um bom exemplo é o caso de Benjamin Constant-AM (BC), onde o sinal radioelétrico de sua ERB (Estação Rádio-Base) propaga-se até o município de Atalaia do Norte-AM (ATN), distante aproximadamente 25 km em linha reta e não possui sistema de telefonia móvel celular.

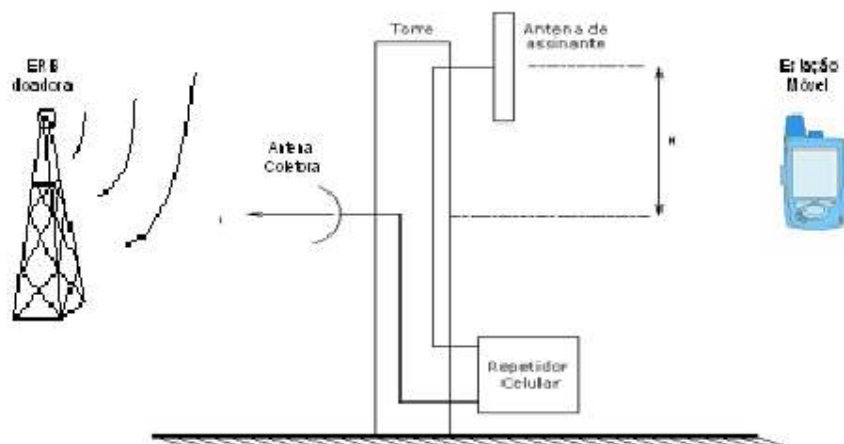
O sinal que chega a ATN não pode ser aproveitado pelas estações móveis locais, uma vez que devido às perdas de propagação, tem um nível de potência baixo, assim como as Estações Móveis (EM) locais não têm potência de transmissão suficiente para transpor a distância de 25 km de volta até a ERB em BC.

Para prover ATN com serviço de telefonia móvel celular, sem a instalação de uma ERB local, devido ao seu alto custo e aproveitando-se o sinal vindo de BC, pode-se lançar mão da instalação de um repetidor celular. Com isso, promover-se-ia a inclusão sócio-digital da população sem gerar grande ônus para a operadora de telefonia.

2. REPETIDOR CELULAR

É um dispositivo que capta o sinal vindo de uma ERB, amplifica e redistribui para a zona de sombra a ser atendida (*downlink* ou sentido direto). Da mesma forma, capta os sinais vindos das estações móveis na sua área de cobertura, amplifica-os e os transmite em direção à ERB (*uplink* ou sentido reverso).

Como premissa para implantação de um repetidor celular, o sistema coberto pela ERB doadora deve possuir uma capacidade de tráfego (número de conversações simultâneas) suficiente para suportar a demanda gerada. O repetidor celular é fisicamente instalado em algum ponto da região com deficiência de cobertura, em uma área que permita a instalação de uma antena (com características fortemente direcionais) que possa se comunicar com a ERB, conforme figura 1. Esta antena precisa ter ainda um forte ganho, permitindo assim, que as EM operem com bons níveis de sinal.



Fonte: Ulbrich (teleco)

Figura 1 – Esquema típico de instalação do repetidor celular.

A ERB que fornece os sinais para o repetidor é chamada de ERB doadora. A antena que está direcionada para esta ERB é chamada de antena coletora. Já a antena que transmite, a partir do repetidor, o sinal para as EM, é conhecida como antena de assinantes (ou servidora). A distância vertical entre as antenas, coletora e

de assinantes, deve ser a máxima possível, amenizando-se assim, os problemas de realimentação entre elas e conseqüente saturação do amplificador.

Um fator muito importante quando do uso de repetidores celulares é a isolação entre as antenas. Sem ela, os sinais transmitidos pela antena de assinantes podem ser captados pela antena coletora e vice-versa, ocasionando uma reabsorção do sinal pelo sistema (ULBRICH, 2006).

3. PERDAS DE PROPAGAÇÃO DO SINAL DE BENJAMIN À ATALAIA

O sinal que se propaga desde Benjamin Constant até Atalaia do Norte é atenuado, sobretudo, pela propagação através do espaço livre e pela vegetação, gerando ondas de múltiplos percursos devido a obstruções ao longo do trajeto.

3.1. Atenuação no espaço livre

A perda (L), em dB, devido à propagação em espaço livre é dada pela seguinte equação, segundo Ribeiro (2004):

$$L = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d \quad [\text{Eq.1}]$$

Onde: $f \rightarrow$ frequência de transmissão (MHz);

$d \rightarrow$ distância entre as antenas (25 km);

Para se saber a frequência de transmissão da ERB, recorreu-se ao *Field Test* (teste de campo), função que está disponível somente em algumas marcas de aparelhos celulares e é ativada através de um código. Serve para mostrar informações sobre a rede celular. A figura 2 ilustra o *display* de celular ativado em modo *Field Test* de acordo com especificação oficial do fabricante (*Specification of the IS-136 Rev A CS Field Test Display*).

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | R | s | s | i | | D | V | C | | S |
| 1 | B | c | h | a | N | | P | w | | A |
| 2 | C | S | - | s | T | a | t | e | | |

* RSSI – Potência de recepção em dBm (mínimo -113 dBm e máximo -54 dBm)

* CS – STATE - Estado atual do celular (acampado, aguardando ordem etc)

* B – Banda de operação

* Chan – canal atual de operação

Figura 2 – À esquerda, *display* do celular em modo *field test*. À direita, legenda com os principais parâmetros mostrados.

O ideal seria utilizar equipamentos adequados para aferição do sinal, como um aparelho medidor ou um conjunto analisador de espectro mais antena, contudo, devido à realidade tecnológica da região, esses instrumentos não estavam disponíveis.

Na fase de medida do nível de sinal que chega a ATN, o canal corrente (N) no qual estava sintonizado o móvel era o de número 394, o que equivale no sistema CDMA operando em 800 MHz, à frequência (f) de transmissão da ERB para o móvel de 881,820 MHz, valor obtido através da equação 2 (GUIMARÃES, s. d.):

$$f = 0,03 N + 870 \quad [\text{Eq. 2}]$$

Sendo assim, chega-se ao nível de atenuação em espaço livre de $L = 119,30$ dB.

3.2. Perdas na vegetação

Este tipo de perda leva em conta diversos fatores, tais como: tipo de folha, galho e tronco. Na Região Amazônica, o tipo de vegetação torna difícil a penetração do sinal. A atenuação é fortemente influenciada pelo espalhamento multipercurso gerado pela passagem do sinal entre e/ou sobre as árvores.

De acordo com a Recomendação P.833-2 do ITU-R (*Attenuation in Vegetation*) a atenuação devido à vegetação, considerando-se que o transmissor encontra-se fora e o receptor dentro da floresta, é obtida por meio da equação 3:

$$A_{ev} = A_m [1 - \exp (-d \gamma / A_m)] \quad [\text{Eq. 3}]$$

onde: A_{ev} → excesso de atenuação;

A_m → atenuação máxima;

d → distância em metros entre transmissor e receptor;

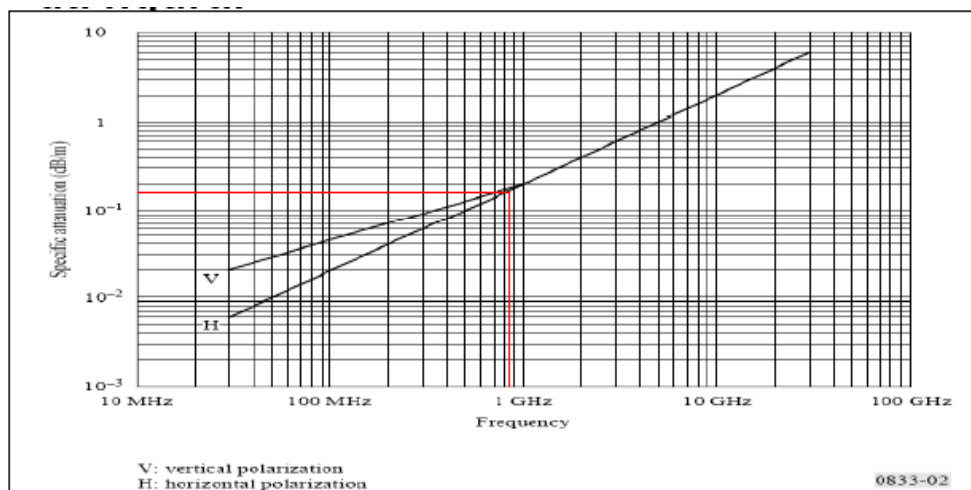
γ → atenuação específica (dB/m);

A atenuação máxima é calculada de acordo com a equação 4, onde f é a frequência de transmissão da ERB (881,820 MHz):

$$A_m = 0.18 f^{0.752} \quad [\text{Eq. 4}]$$

Sendo assim, $A_m = 29,52$ dB.

Já o valor aproximado da atenuação específica é obtido com base no gráfico em função da frequência, como mostra a figura 3:



Fonte: P.833-2 (ITU-R).

Figura 3: Valor da atenuação específica devido à vegetação.

A polarização da antena da ERB é vertical, segundo a operadora de telefonia local. De acordo com o gráfico, γ vale aproximadamente 0,17 dB/m. Portanto, a perda estimada de propagação devido à vegetação entre BC e ATN, dada a distância de 25 km é de $A_{ev} \cong 29,53$ dB.

O valor de atenuação total que o sinal sofre ao propagar-se, desde BC até ATN, é obtido através da soma da perda no espaço livre com a perda de propagação por vegetação, ou seja, $L_{total} \cong 119,3 + 29,53 \cong 148,83$ dB.

Considerando que o sinal, segundo dados da operadora local, sai da ERB de BC com uma potência de 40 W (46 dBm) e chega em ATN com um valor médio medido no local de aproximadamente -98 dBm (usando o *field test* do celular), tem-se uma perda medida de $L_{medida} = 46 - (-98) \cong 144$ dB. Ou seja, o valor teórico calculado de 148,83 dB tem um desvio considerável, em termos de potência, em relação ao valor real, já que este é influenciado tanto por fatores que estão presentes constantemente, como a vegetação, quanto por fatores que aparecem de forma aleatória como, por exemplo, a chuva.

4. VERIFICAÇÃO DO MELHOR LOCAL DE INSTALAÇÃO DO REPETIDOR EM ATN

4.1. Fatores avaliados

Para escolha do local mais adequado para instalação do repetidor em ATN, devem-se avaliar os seguintes fatores:

- Maior nível de sinal no local: repetidores trabalham baseados no seu ganho, ou seja, um baixo nível de sinal na recepção acarretará um sinal também baixo na sua saída;
- Maior número possível de assinantes contemplados, ou seja, o sinal deve cobrir um local que possua grande concentração de pessoas;
- Aproveitamento ao máximo da infra-estrutura existente no local de instalação do repetidor a fim de diminuir custos.

4.2. Medidas do nível de sinal

Com um aparelho celular NOKIA modelo 2280 em modo *field test* (teste de campo), foram realizadas medidas do nível de sinal recebido de Benjamin Constant, em seis locais de ATN, visando constatar em qual destes está sendo recebida a maior potência. A figura 4 apresenta uma vista parcial de ATN, destacando-se o nível médio, dentre os três turnos do dia, do sinal obtido nas áreas medidas.

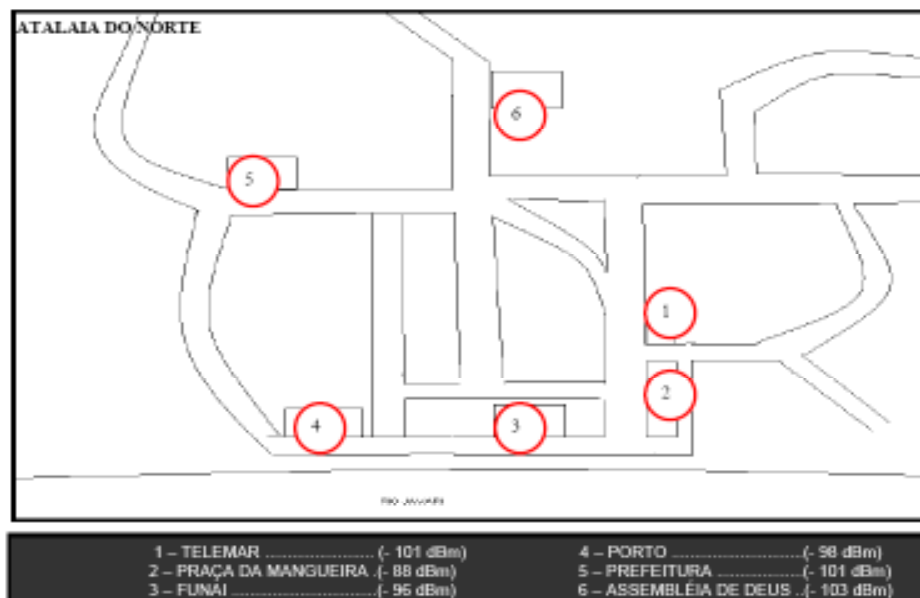


Figura 4: Locais avaliados e respectivos valores medidos de sinal.

De acordo com a figura 4, podemos constatar que o local no qual o sinal possui maior intensidade é a Praça da Mangueira, com um nível de - 88 dBm, seguido da FUNAI (Fundação Nacional do Índio) com - 96 dBm e do Porto com - 98 dBm. As outras áreas apresentaram valores pequenos, abaixo da sensibilidade da maioria dos repetidores de baixa potência. Portanto, estão descartadas.

O segundo fator a ser avaliado é o maior número possível de assinantes que seriam contemplados com o repetidor, considerando que repetidores de baixa para média potência possuem raios de cobertura de aproximadamente 600 m. A Praça da Mangueira e o Porto são locais de grande concentração de pessoas durante a maior parte do dia. Por sua vez, a FUNAI localiza-se em um ponto intermediário, isolado, longe até mesmo de áreas residenciais mais concentradas. Observa-se também que tanto da Praça da Mangueira quanto do Porto, é possível cobrir a área que seria abrangida a partir da FUNAI. Sendo assim, exclui-se esta.

O último ponto a ser avaliado é a infra-estrutura já existente nos locais, a fim de aproveitá-las para diminuir os custos de instalação do repetidor. A figura 5 mostra as fotos da Praça da Mangueira e do Porto.



Figura 5: Em “A”, fotos do porto. Em “B”, fotos da praça (à direita detalhe do poste em frente à estátua).

Ao observarmos a figura 5, constatamos que o Porto não possui qualquer torre ou mastro no qual possam ser instaladas as antenas coletora e de assinantes. Além disto, localiza-se numa área de menor altitude em relação à Praça da Mangueira. Entretanto, nesta praça há postes de altura razoável a partir dos quais poderia ser irradiado o sinal para os assinantes das redondezas, inclusive cobrindo a área que a princípio seria coberta com o repetidor instalado no Porto. Sendo assim, sugere-se que o repetidor celular seja implantado na Praça da Mangueira.

5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA REPETIDOR CELULAR

Escolhido o local de instalação do repetidor celular, faz-se necessário identificar quais os outros componentes que farão parte do sistema, tais como antenas, cabos e aparelho repetidor.

Para servir de antena coletora, aquela que capta o sinal vindo da ERB de BC, será adotada uma do tipo parabólica, dada a grande distância existente (25 km) entre os dois municípios. Esta deve possuir características fortemente direcionais (alta capacidade de concentrar energia numa determinada direção) e alto ganho. No caso em estudo, sugere-se que a antena possua um ganho de aproximadamente 22,6 dBi.

Já como antena de assinantes, encarregada de cobrir a área com deficiência de sinal, pode ser usada uma (ou mais) do tipo painel setorial, que possua um ângulo de abertura horizontal suficiente para priorizar determinada região que contenha maior número de assinantes possível, ou seja, uma área bastante concentrada demograficamente, sem, contudo, comprometer o projeto do ponto de vista da isolamento entre as antenas. Recomenda-se que seja utilizada uma antena com ganho de 17 dBi e abertura horizontal de 60°.

5.1. Cálculo da isolamento entre antenas de assinantes e coletora

A fim de garantir que o efeito da realimentação (sinal proveniente da antena de assinantes captado pela antena coletora) não degrade o desempenho do sistema, deve existir uma isolamento mínima de valor próximo ao ganho do repetidor mais uma margem de segurança (M) entre 5 -15 dB (LUIZ, 2006).

Primeiramente, deve-se calcular o valor do sinal de realimentação do repetidor (P_{RSre}), segundo a equação 5:

$$P_{RSre} = S_D + G_{R1max} - 2 \cdot L_1 + A - L_2 + G_{T21}(\theta, \varphi) - L_0 + G_{R12}(\theta, \varphi) \quad [Eq. 5]$$

Onde: $S_D \rightarrow$ valor do sinal proveniente da ERB doadora (- 88 dBm na Praça da Mangueira);

$G_{R1max} \rightarrow$ Ganho máximo da antena coletora (22,6 dBi);

L_1 e $L_2 \rightarrow$ Perdas nos cabos (RGC 213 – aprox. 0,45 dB/m). Supondo-se que o poste da figura: 5-B tenha 15 m, a antena de assinantes poderia ser instalada a esta altura. Então, $L_1 = 15 \times 0,45 = 6,75$ dB. Já a

antena coletora poderia ficar a 10 m do solo, portanto, $L_2 = 10 \times 0,45 = 4,5$ dB. Lembrando que a distância vertical e, se possível, horizontal entre as antenas deve ser a máxima possível a fim de aumentar a isolamento.

$A \rightarrow$ ganho do repetidor;

$G_{T21}(\theta, \varphi) \rightarrow$ Ganho de transmissão da antenna de assinantes na direção da antenna coletora;

$G_{R12}(\theta, \varphi) \rightarrow$ Ganho de recepção da antenna coletora na direção da antenna de assinantes;

Os valores de $G_{T21}(\theta, \varphi)$ e $G_{R12}(\theta, \varphi)$ são obtidos com precisão nos *datasheets* das antenas utilizadas. Infelizmente não foi possível obter estas informações. Contudo, consideraremos que seus valores são iguais aos seus respectivos ganhos na direção do lóbulo principal, ou seja, 17 dBi e 22,6 dBi, respectivamente. Isto garante que os cálculos tenham por base o valor extremo de realimentação.

$L_0 \rightarrow$ Perda por espaço livre ($L_0 = 119,3$ dB);

Para que o sinal vindo da ERB doadora em BC esteja a um nível maior que o do sinal de realimentação, soma-se uma margem de segurança (M). Então:

$$P_{RSd} = P_{RSre} + M \quad [\text{Eq. 6}]$$

Onde: $P_{RSd} \rightarrow$ potência recebida do sinal direto.

Tem-se então que:

$$S_D + G_{IRmax} - L_1 = S_D + G_{R1max} - 2L_1 + A - L_2 + G_{T21}(\theta, \varphi) - L_0 + G_{R12}(\theta, \varphi) + M \quad [\text{Eq. 7}]$$

Colocando-se A (ganho de repetidor) em evidência e cancelando-se as variáveis em comum, temos:

$$A = L_1 + L_2 - G_{T21}(\theta, \varphi) - G_{R12}(\theta, \varphi) + L_0 - M \quad [\text{Eq. 8}]$$

A isolamento, que mede basicamente as perdas que o sinal sofre ao ser transmitido da antenna de assinantes para a antenna coletora (sinal de realimentação), é definida como (LUIZ, 2006):

$$I(\text{dB}) = L_1 + L_2 - G_{T21}(\theta, \varphi) - G_{R12}(\theta, \varphi) + L_0 \quad [\text{Eq. 9}]$$

Conclui-se então que:

$$A = I - M \quad [\text{Eq. 10}]$$

De acordo a equação 10, o ganho do repetidor depende diretamente do valor da isolamento entre as antenas. No caso em estudo, $I(\text{dB}) = 6,75 + 4,5 - 17 - 22,6 + 119,3 = 90,95$ dB. Para uma margem (M) de segurança de 15 dB, o valor do ganho (A) do repetidor a ser adotado deve ser de $A = 90,91 - 15 \approx 76$ dB.

5.2. Predição de desempenho do sistema (*Link Budget*)

Link Budget é o cálculo teórico realizado a fim de se saber qual o nível de potência existente nas antenas, ou seja, se este nível é suficiente ou não para provimento da cobertura no ambiente em questão (SALES, 2006).

Para realização dos cálculos são levados em consideração os seguintes parâmetros: nível de sinal recebido na antenna coletora, ganho da antenna coletora, ganho do aparelho repetidor, ganho da antenna de assinantes e perdas em cabos, conectores e elementos passivos. Na tabela 1 são apresentados, em uma seqüência lógica, os valores calculados de desempenho do sistema, baseando-se nos parâmetros medidos e sugeridos ao longo do caso em estudo.

Tabela 1 – Cálculo de desempenho do sistema

| LINK BUDGET – CÁLCULO DE DESEMPENHO | | |
|-------------------------------------|-------------|--------------|
| DADOS GERAIS | ERB | RC |
| LOCALIZAÇÃO | B. CONSTANT | AT. DO NORTE |

| | | | |
|--|-----------------|----------|----|
| ALTURA DA TORRE | m | 85 | 15 |
| ALTURA DA ANTENA ASSINANTES | m | 85 | 15 |
| ALTURA DA ANTENA COLETORA | m | - | 10 |
| DISTÂNCIA | km | 25 | |
| LINK BUDGET - DOWNLINK | | | |
| Potência da ERB | dBm | 46 | |
| Perda no espaço livre | dB | - 119,3 | |
| Perda na vegetação | dB | -29,53 | |
| Ganho da antena coletora | dB _i | 22,6 | |
| Perda no cabo RGC 213 (10 m) | dB | - 4,5 | |
| Perda por obstáculos (conectores e elementos passivos) | dB | - 15* | |
| Potência na entrada do repetidor (soma dos itens anteriores) | dBm | -99,73 | |
| Ganho do repetidor | dB | 76 | |
| Potência na saída do repetidor | dBm | -23,73 | |
| Perda no cabo (15 m) | dB | - 6,75 | |
| Ganho da Antena de assinantes | dB _i | 17 | |
| Potência de transmissão – <i>downlink</i> | dBm | -13,48 | |
| Perda no espaço livre até o móvel – 600 m | dB | -86,9 | |
| Potencia de entrada no móvel | dBm | -100,38 | |
| <i>Fading Margin</i> | dBm | - 13* | |
| Nível de recepção no Móvel a 600 m | dBm | - 113,38 | |
| LINK BUDGET – UPLINK | | | |
| Potência de saída do móvel | dBm | 23* | |
| Ganho da antena | dB _i | 0 | |
| Perda no espaço livre até a antena de assinantes | dB | -86,4 | |
| Ganho da antena de assinantes | dB _i | 17 | |
| Perda no cabo da ant. de assinantes | dB | -6,75 | |
| Potência na entrada do repetidor | dBm | - 53,15 | |
| Ganho do repetidor | dB | 76 | |
| Potência na saída do repetidor | dBm | 22,85 | |
| Perda no cabo da antena coletora | dB | - 4,5 | |
| Ganho da antena coletora | dB _i | 22,6 | |
| Potência de transmissão – <i>uplink</i> | dBm | 40,95 | |
| Perda do espaço livre até a ERB | dB | -118,85 | |
| Perda na vegetação | dB | -28,39 | |
| <i>Fading Margin</i> | dB | -13 | |
| Nível de recepção na ERB | dBm | -119,29 | |

* Valores mais comuns utilizados pelas operadoras

No *downlink* (ERB→RC→EM), o sinal sai da ERB em BC com um alto nível de potência. Contudo, devido às perdas impostas pelo espaço livre e pela vegetação, chega a ATN fortemente atenuado. O alto ganho da antena coletora ameniza esta situação, proporcionando uma razoável margem de sinal para o repetidor. A partir deste, o sinal irradiado para as estações móveis é enfraquecido pelo espaço, tendo um valor baixo na

extremidade da microcélula (600m). Entretanto, será maior à medida que o receptor aproxima-se do repetidor.

Já no *link* reverso (EM→RC→ERB), a alta perda entre móvel e repetidor é compensada pelo ganho deste e da antena de assinantes, proporcionando um bom nível de sinal na entrada da ERB, embora as atenuações impostas pela vegetação e espaço livre sejam severas.

5.3. Estimativa de custo do sistema

Escolhidos os componentes do sistema repetidor celular, pode-se fazer uma estimativa do valor total a ser investido para sua implantação. É importante lembrar que os custos apresentados dizem respeito somente aos equipamentos de telecomunicações, ou seja, as despesas com infra-estrutura, instalação, transporte, entre outros não cotados. A tabela 2 mostra cada componente com seu respectivo valor médio de mercado.

Tabela 2 – Valores médios dos componentes do sistema repetidor celular

| Componente | Quantidade | Valor unit. (R\$) | Valor total (R\$) |
|--------------------------------------|------------|-------------------|----------------------|
| Repetidor TDMA/CDMA (800 MHz) | 1 | 19.500,00 | 19.500,00 |
| Antena Pannel (17 dBi) | 1 | 350,00 | 350,00 |
| Antena Parabólica (22,6 dBi) | 1 | 424,36 | 424,36 |
| Cabo Coaxial RGC 213 | 25 | 8,22/m | 205,50 |
| Conector para RGC 213 | 4 | 11,13 | 44,52 |
| TOTAL | | | R\$ 20.524,38 |

Valor total baixo se comparado com os R\$ 500.000,00 necessários para instalar uma nova ERB em ATN, idêntica a que foi instalada em Benjamin Constant.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou uma forma de se levar a telefonia móvel celular para o município de Atalaia do Norte - AM a um custo relativamente baixo, através do uso de repetidor celular, promovendo a inclusão social da população local sem, no entanto, gerar altos custos para a operadora de telefonia celular.

Deve-se considerar que o modelo apresentado utilizando repetidor celular, bem como os métodos, cálculos de perdas de propagação e dimensionamento do enlace, podem servir de base para levar a telefonia móvel celular a outros municípios, com características físicas semelhantes às do caso estudado, bastando, para isso, fazer as devidas adaptações no que diz respeito aos parâmetros que lhes são peculiares.

REFERÊNCIAS

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <www.anatel.gov.br>. Acesso em: 4.11.2006.

SCHULTZ, Lílian Rosana Kremer. **Estudo das alternativas de comunicação para a população da região rural do interior do Estado do Paraná**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2004.

ULBRICH, Henrique Jorge Guimarães. **Repetidores Celulares**. Disponível em: <www.teleco.com.br>. Acesso em: 12.12.2006.

LUIZ, Bruno Maia Antônio. **Planejamento de cobertura de sistemas GSM com uso de repetidores**. Disponível em: <www.wirelessbrasil.org>. Acesso em: 13.12.2006

GUIMARÃES, Dayani Adionel. **Introdução aos sistemas celulares TDMA e CDMA**. Disponível em: <www.inatel.br>. Acesso em: 5.11.2006.

ULBRICH, Henrique Jorge Guimarães. **Re:Consulta**. Mensagem pessoal. Mensagem recebida de: <suporte.tecnico@brasilsat.com.br> em 07 de maio de 2007.

RIBEIRO, José Antônio Justino. **Propagação de ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações**. São Paulo: Érica, 2004

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e, acima de tudo, a Deus, por tanta benção, proteção, força e amor com que me contempla.

À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos, sempre com palavras de conforto e estímulo.

Ao meu orientador, João Batista Pinto de Oliveira, ao meu co-orientador, Carlos Gomes Fontinelle e ao professor João Renato Aguiar Soares, pois desde o primeiro momento em que os procurei, foram sempre muito prestativos e atenciosos, sendo fundamentais na elaboração deste trabalho.

À empresa VIVO, pela cessão de informações técnicas e, à BRASILSAT, na pessoa de Henrique Jorge Guimarães Ulbrich, por prestar auxílio, esclarecimentos e compartilhar informações essenciais acerca do tema deste trabalho.

Muito obrigado a todos.