



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

THAYNARA DE FARIAS SOUSA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE REPETIDORA OFF GRID DE BAIXO
CUSTO EM LOCAL DE DIFÍCIL ACESSO NO ESTADO DO MATO GROSSO**

CUIABÁ – MT
MAIO, 2023

THAYNARA DE FARIAS SOUSA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE REPETIDORA OFF GRID DE BAIXO
CUSTO EM LOCAL DE DIFÍCIL ACESSO NO ESTADO DO MATO GROSSO**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Dr. Saulo Roberto Sodré dos Reis

CUIABÁ – MT

MAIO, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S725e Sousa, Thaynara de Farias.

Estudo da viabilidade da instalação de repetidora off grid de baixo custo em local de difícil acesso no estado do Mato Grosso [recurso eletrônico] / Thaynara de Farias Sousa. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 21 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Saulo Roberto Sodré dos Reis.

TCC (graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Repetidora, Off grid, Telecomunicação, Lago do Manso, Radioenlace, Mato Grosso. I. Reis, Saulo Roberto Sodré dos, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

DESPACHO

Processo nº 23108.033740/2023-24

Interessado: @interessados_virgula_espaco@

ATA/2023 - DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO FINAL DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Aos 8 dias do mês de Maio do ano de 2023, às 08:00 horas, foi realizado a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho Final de Curso da acadêmica: **Thaynara de Farias Sousa**. A banca foi composta pelos seguintes membros: **Prof. Dr. Haroldo Benedito Tadeu Zattar e Eng.ª Mayara Aparecida dos Santos Cardoso**, sob a presidência do primeiro. O Trabalho Final de Curso tem como título: **Estudo de Viabilidade da Instalação de Repetidora Off Grid de Baixo Custo em Local de Difícil Acesso no Estado de Mato Grosso**.

Após explanação no prazo regulamentar o aluno foi interrogado pelos componentes da banca. Terminada a etapa de arguição, os membros da banca examinadora, de forma confidencial, avaliaram o aluno e conferiram ao mesmo a nota **8,07**, proclamada pelo presidente da sessão. Dados por encerrados os trabalhos, lavrou-se a presente Ata, que será assinada pela banca e pelo aluno. Os requisitos a serem observados estão registrados no anexo a ata de defesa apensado neste processo.

Cuiabá, 08 de maio de 2023.

ASSINATURAS:

Banca:

Prof. Dr. Saulo Roberto Sodré dos Reis - Orientador

Prof. Dr. Haroldo Benedito Tadeu Zattar

Eng.ª Mayara Aparecida dos Santos Cardoso

Aluno(a): Thaynara de Farias Sousa



Documento assinado eletronicamente por **MAYARA APARECIDA DOS SANTOS CARDOSO, Usuário Externo**, em 08/05/2023, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **HAROLD BENEDITO TADEU ZATTAR, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 08/05/2023, às 09:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **SAULO ROBERTO SODRE DOS REIS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 08/05/2023, às 09:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thaynara de Farias Sousa, Usuário Externo**, em 08/05/2023, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5769629** e o código CRC **B7B6D658**.

Referência: Processo nº 23108.033740/2023-24

SEI nº 5769629

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso à minha família, em especial a minha mãe, Silvia Regina, que infelizmente já não está mais entre nós para compartilhar este momento especial comigo. Ela sempre foi minha inspiração e força motriz em minha jornada acadêmica, me incentivando a seguir em frente e perseguir meus sonhos. Seu maior desejo era ver suas filhas graduadas e eu sinto uma grande satisfação em saber que, mesmo após sua partida, estou cumprindo esse objetivo que ela tanto almejava. Dedico este trabalho em honra a sua memória e agradeço por todo o amor, apoio e incentivo que ela me proporcionou durante sua vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família, em especial meus avós Agenor e Judite, meus pais Antonio e Silvia e minha irmã Thalyta pelo apoio e amor incondicional durante toda a vida e trajetória acadêmica. Ainda, gostaria de agradecer à minha sobrinha Beatriz, que ainda nem tem idade para entender o quanto sua chegada na minha vida serve de combustível para superar momentos de crise e não desistir de alcançar meus objetivos.

Aos meus amigos, gostaria de agradecer pelo suporte emocional e psicológico oferecido, pela paciência e pela companhia nesses anos de graduação, que tornaram a experiência mais suave e agradável. Agradeço especialmente pelas palavras de incentivo, que foram um importante estímulo para continuar seguindo em frente.

Não menos importante, expresso minha gratidão aos professores, em especial ao meu orientador Saulo dos Reis e ao professor Mario Kawaphara, pelo apoio, pelos ensinamentos e pela paciência e empatia, sobretudo no último semestre de curso.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e que, de alguma forma, participaram dessa jornada acadêmica, que se revelou um período de superação, aprendizado e crescimento pessoal.

RESUMO

SOUSA, T. de F. **Estudo da viabilidade da instalação de repetidoras off grid de baixo custo em local de difícil acesso no estado do Mato Grosso**. 2023. 22f. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2023.

O objetivo deste trabalho acadêmico é a realização de um estudo de viabilidade de instalação de repetidoras off grid de baixo custo em locais de difícil acesso no estado de Mato Grosso, na região do Lago de Manso, onde se encontra a propriedade do estudo. O objetivo é repetir sinais em sistema de radioenlace, pois não há antenas de telecomunicações disponíveis na região. Os resultados foram positivos em relação à região estudada, demonstrando ser mais viável a utilização da repetidora off grid, ao invés de conectar a repetidora a rede elétrica ou instalar uma antena de telefonia móvel.

Palavras-Chave: Repetidora. Off grid. Telecomunicação. Lago do Manso. Radioenlace. Mato Grosso.

ABSTRACT

The purpose of this academic work is carrying out a viability study about installing low-cost off-grid repeaters in hard-to-reach places of Mato Grosso State, on Manso Lake, where it is the property of study. The results were good about Manso Lake, demonstrating that it is more available to use the off-grid repeater, instead of connecting the repeater to the electrical network or using a mobile phone antenna.

Keywords: Repeaters. Off-grid. Telecommunication. Manso Lake. Radio link. Mato Grosso State.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Visão 3D da região da propriedade onde será realizado o estudo.	15
Figura 02 – Visão 2D e superior da região da propriedade onde será realizado o estudo.	15
Figura 03 – Ilustração do funcionamento da repetidora.	15
Figura 04 – Esquema de comunicação com a utilização de uma repetidora.	15
Figura 05 – Esquematização dos componentes de alimentação para repetidora off grid.	16
Figura 06 – Diagrama básico de uma estação repetidora.	16
Figura 07 – Território da simulação.	17
Figura 08 – Área inicial do software Radio Mobile.	17
Figura 09 – Mapa de calor da região desejada.	17
Figura 10 – Aba “networks properties”.	17
Figura 11 – Aba “Systems”.	18
Figura 12 – Aba “Membership”.	18
Figura 13 – Primeira etapa do dimensionamento.	19
Figura 14 – Segunda etapa do dimensionamento.	19
Figura 15 – Lista dos materiais para o projeto.	19
Figura 16 – Área total de cobertura da antena repetidora.	19
Figura 17 – Área de cobertura da antena repetidora com enfoque no território do estudo que está envolto na linha preta.	19
Figura 18 – Trajeto, em amarelo, que a rede elétrica precisaria percorrer para alimentar a repetidora.	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Irradiação solar diária média para dois pontos próximos ao ponto escolhido	16
Tabela 02 – Irradiação solar diária média para os dozes meses do ano	16
Tabela 03 – Datasheet da Repetidora Mototrbo SLR5100	18
Tabela 04 – Datasheet da Antena Base VHF Colinear Dipolo 4 Elementos	18
Tabela 05 – Datasheet da Antena Nagoya NA-771 Dual Band	18
Tabela 06 – Valores médios dos materiais para o projeto	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

dB	Decibel
hab./km ²	Habitantes por quilômetro quadrado
km ²	Quilômetro quadrado
kWh/m ² .dia	Quilowatts hora por metro quadrado vezes o dia
GHz	Gigahertz
MHz	Megahertz
UHF	Ultra High Frequency (Frequência Ultra Alta)
VHF	Very High Frequency (Frequência Muito Alta)

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	14
II. ABORDAGEM DO PROBLEMA	14
III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
A. Repetidora Off Grid	15
B. Radio Mobile	16
IV. METODOLOGIA	16
A. Simulação da Repetidora	16
B. Cálculo do Sistema Off Grid	18
V. RESULTADOS E ANÁLISES	19
IV. CONCLUSÕES	20

ESTUDO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE REPETIDORA OFF GRID DE BAIXO CUSTO EM LOCAL DE DIFÍCIL ACESSO NO ESTADO DO MATO GROSSO

Thaynara de Farias Sousa e Saulo Roberto Sodré dos Reis

Universidade Federal de Mato Grosso / Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia / Departamento de Engenharia Elétrica, Cuiabá – MT, Email: thayfsousa29@gmail.com

Resumo - O objetivo deste trabalho acadêmico é a realização de um estudo de viabilidade de instalação de repetidora off grid de baixo custo em locais de difícil acesso no estado de Mato Grosso, na região do Lago de Manso, onde se encontra a propriedade do estudo. O objetivo é repetir sinais em sistema de radioenlace, pois não há antenas de telecomunicações disponíveis na região. Os resultados foram positivos em relação à região estudada, demonstrando ser mais viável a utilização da repetidora off grid, ao invés de conectar a repetidora a rede elétrica ou instalar uma antena de telefonia móvel.

Palavras-Chave - Repetidora. Off grid. Telecomunicação. Lago do Manso. Radioenlace. Mato Grosso.

VIABILITY STUDY ABOUT INSTALLING LOW-COST OFF-GRID REPEATER IN HARD-TO-REACH PLACES OF MATO GROSSO STATE

Abstract - The purpose of this academic work is carrying out a viability study about installing low-cost off-grid repeater in hard-to-reach places of Mato Grosso State, on Manso Lake, where it is the property of study. The results were good about Manso Lake, demonstrating that it is more available to use the off-grid repeater, instead of connecting the repeater to the electrical network or using a mobile phone antenna.

Keywords - Repeaters. Off-grid. Telecommunication. Manso Lake. Radio link. Mato Grosso State.

I. INTRODUÇÃO

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Estado de Mato Grosso possui uma área de 903.208,361 km² e uma população aproximada de 3.567.234 pessoas, o que resulta em uma densidade demográfica de 3,36 hab./km². A título de comparação, o Estado de São Paulo possui uma densidade demográfica de 166,25 hab./km² [1]. O vasto território mato-grossense é favorável à pecuária devido ao seu relevo peculiar, vegetação e clima, o que confere ao Estado o título de campeão na atividade pecuária no Brasil [2].

Com base nisso, é possível afirmar que Mato Grosso possui um território enorme e com potencial produtivo gigantesco. No entanto, justamente pelo enfoque em produção, essas vastas áreas rurais acabam sendo dispersas entre si, o que resulta em uma densidade demográfica muito pequena e

difículta a instalação de infraestrutura de telecomunicações, como antenas e redes de cobertura. Nesse sentido, uma das possíveis soluções para contornar esse problema é através do sistema via radioenlace, que utiliza ondas eletromagnéticas para a comunicação entre duas ou mais antenas. Nas áreas rurais, normalmente, se utiliza das baixas frequências, pois mesmo com trajetos longos, de centenas a milhares de quilômetros, há pouca atenuação do sinal [3].

No entanto, apenas um conjunto de antenas transmissora e receptora pode não ser suficiente para capturar e entregar a informação ao seu destino final, devido ao seu curto alcance. Nesse caso, entram em cena os repetidores de sinais, que são utilizados para estender o alcance dos rádios móveis e portáteis, permitindo abranger uma área muito maior do que seria possível sem eles. Em resumo, os repetidores funcionam recebendo os sinais de rádio das unidades portáteis e móveis e retransmitindo esses sinais sem alterá-los, apenas aumentando sua capacidade de alcance [4].

Como mencionado anteriormente, o relevo de Mato Grosso é bastante peculiar, com muitos planaltos e depressões. Recomenda-se instalar a antena repetidora no ponto mais alto da área de cobertura para permitir que o sinal se propague livremente. No entanto, nem sempre é possível levar uma rede de energia elétrica até o local de instalação da repetidora. Nesses casos, a solução é optar por uma repetidora off-grid de baixo custo, que possui placas solares e um sistema de baterias estacionárias capaz de armazenar energia suficiente para manter a repetidora funcionando 100% do tempo sem precisar de alimentação externa, trazendo eficiência para a instalação. Isso permite que a repetidora seja instalada em qualquer local, independentemente da existência de uma rede de distribuição de energia elétrica [5].

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso sobre a aplicação de um repetidor de sinal em uma área rural da região de Manso, com uma grande extensão de hectares, onde era necessário se comunicar em diferentes pontos da propriedade. O estudo de caso consiste em provar, por meio do software Radio Mobile, que uma repetidora off grid consegue transmitir informações por toda a área desejada e fazer o comparativo de orçamentos do sistema off grid e da rede de energia para esta situação específica. Para isso, foram adotados métodos de pesquisa bibliográfica, simulação no aplicativo Radio Mobile, análise e discussão de dados. Ao final da análise, espera-se que o sistema de repetidor off-grid se prove viável e econômico para áreas rurais.

II. ABORDAGEM DO PROBLEMA

A região onde será realizado o estudo sobre a instalação de uma repetidora off-grid está localizada no Lago de Manso, que

fica entre dois municípios: Chapada dos Guimarães e Nova Brasilândia. Ambos os municípios possuem um relevo acidentado, com muitas elevações, depressões e erosões, o que torna difícil o acesso de redes de distribuição de energia elétrica [6].

A localização da instalação da antena é no ponto exato, dado em coordenada geográfica, $14^{\circ}55'38.93''\text{S}$ e $55^{\circ}42'7.35''\text{O}$.

Abaixo, temos as visões em 2D e 3D da propriedade e seu entorno:



Fig. 01. Visão 3D da região da propriedade onde será realizado o estudo. Fonte: Google Earth.



Fig. 02. Visão 2D e superior da região da propriedade onde será realizado o estudo. Fonte: Google Earth.

Além de possuir um relevo acidentado, a propriedade está localizada a uma distância considerável de outras propriedades e áreas urbanas, e grande parte de seu território faz fronteira com o Lago de Manso. Nesse cenário, a instalação de uma antena repetidora com sistema off-grid torna-se uma solução viável para resolver o problema de comunicação enfrentado e a ausência de redes elétricas próximas.

III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A) Repetidora Off Grid

A repetidora de sinal, como visto anteriormente, se trata de um sistema capaz de receber um sinal com potência baixa e retransmiti-lo para outro ponto em uma frequência diferente, como é possível verificar no desenho da coluna ao lado [4]:

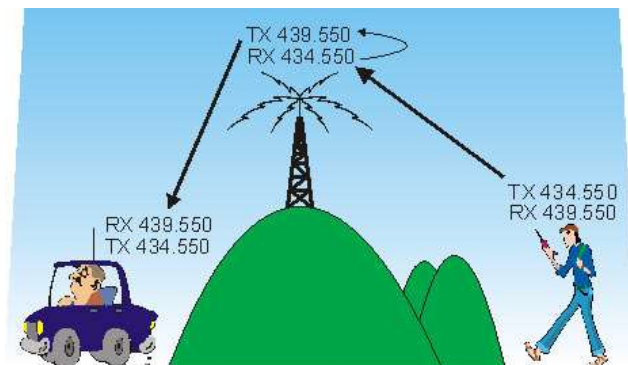


Fig. 03. Ilustração do funcionamento da repetidora. Fonte: Oluap Radiocomunicação.

Essa diferença de frequência de transmissão e recepção é denominada de “offset”. No Brasil, para antenas UHF utiliza-se um offset de 5MHz, e para a antena VHF, que estará presente no nosso estudo, utiliza-se um offset de 600KHz [7].

Para solucionar o problema do relevo a exemplo do presente estudo, as repetidoras são posicionadas em locais elevados e operam com alta potência, o que aumenta significativamente sua área de cobertura em relação às estações localizadas no solo. Assim, ao usá-las, é possível estabelecer contato com estações mais distantes do que seria possível com uma comunicação direta.

Outra vantagem do uso de repetidoras é que elas permitem superar facilmente os obstáculos naturais que podem afetar as comunicações em VHF/UHF, como grandes elevações [8].

Para facilitar o entendimento, abaixo temos o esquema de comunicação com a utilização de uma repetidora:

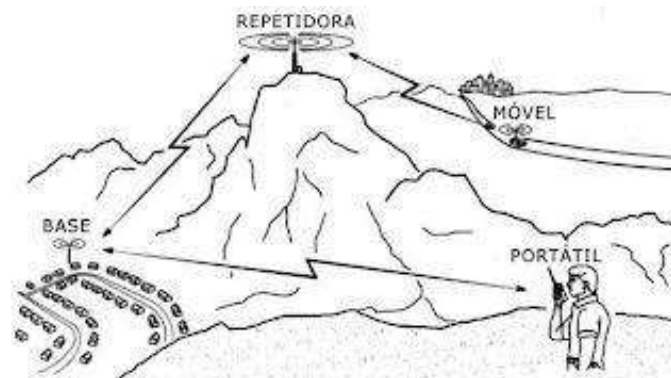


Fig. 04. Esquema de comunicação com a utilização de uma repetidora. Fonte: Eletrônica e outras variedades.

A repetidora de sinal off grid e a repetidora de sinal não se diferenciam em sua estrutura básica. A única diferença está na alimentação do sistema. No caso da alimentação off grid, que é a utilizada neste estudo, temos os seguintes componentes:

Painel fotovoltaico: Responsável por converter a energia solar em energia elétrica através do efeito fotoelétrico;

Controlador de carga: Responsável por controlar a carga das baterias, recebendo a tensão/corrente dos painéis fotovoltaicos e entregando as baterias de forma ideal para a carga delas;

Bateria: Responsável por armazenar energia e conservar a carga, representando uma fonte autônoma de energia;

Inversor: Responsável por converter a tensão e corrente contínua DC, recebida das baterias, em tensão e corrente alternadas AC, porém, neste projeto não será utilizado o inversor, pois as baterias são de 12 volts [9].

A figura 5 traz o esquema resumido dos componentes de alimentação para a repetidora off grid:



Fig. 05. Esquemática dos componentes de alimentação para a repetidora off grid. Fonte: Era Solar.

Sendo assim, ambos os sistemas possuem um transmissor, um receptor, uma antena, um duplexador e uma controladora. O transmissor é o componente que retransmite o sinal recebido com a frequência corrigida. O receptor recebe o sinal enviado pelo usuário. A antena é o item que capta e/ou transmite ondas eletromagnéticas. O duplexador é o componente que permite a utilização de apenas uma antena para transmissão e recepção. A controladora, como o nome sugere, controla as operações, como ligar e desligar, identificar, entre outros [7].

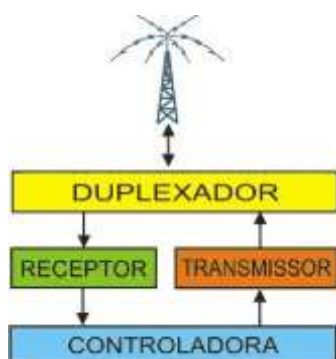


Fig. 06. Diagrama básico de uma estação repetidora. Fonte: Oluap Radiocomunicação.

O sistema de energia solar off grid, que será utilizado na repetidora, consiste em um sistema isolado da rede elétrica e autônomo, capaz de armazenar a energia excedente em bancos de baterias para que a repetidora de sinal funcione durante todo o dia, inclusive durante a noite [10].

Este sistema foi escolhido porque o estado do Mato Grosso possui uma excelente irradiação solar. Para a região da instalação, temos as seguintes tabelas de irradiação solar diária média para dois pontos próximos da fixação da antena, segundo o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica (Cresesb) [11].

TABELA I
Irradiação solar diária média para dois pontos próximos ao ponto escolhido. Fonte: Cresesb.

Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
			Lat [°]	Long [°]	Dist [km]	Média
Chapada dos Guimarães	MT	BRASIL	14,9° S	55,749° O	5,9	5,16
Chapada dos Guimarães	MT	BRASIL	14,9° S	55,649° O	6,5	5,19

TABELA II
Irradiação solar diária média para os doze meses do ano. Fonte: Cresesb.

Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5,4	5,34	5,14	5,1	4,6	4,5	4,7	5,42	5,2	5,34	5,52	5,54
5,4	5,39	5,19	5,1	4,7	4,6	4,8	5,45	5,3	5,39	5,54	5,56

B) Radio Mobile

O Radio Mobile é um software que se utiliza do modelo de predição de Longley-Rice para gerar mapas com o alcance de sinal de uma determinada repetidora, porém, ele é muito mais complexo que isso, ele consegue identificar o relevo da região, a interferência e o nível de ruído. Ele pode ser usado para modelar sistemas de rádio em diferentes bandas de frequência, incluindo VHF que estará presente no estudo de aplicação.

No caso da repetidora DMR VHF, o software é capaz de determinar o melhor ponto para instalação da antena, sua altura ideal e a potência que o transmissor precisará. Como resultado, o sinal será eficiente e garantirá seu alcance em todas as áreas necessárias.

O modelo Longley-Rice é amplamente utilizado quando se trata de um terreno irregular, pois ele leva em consideração as condições de clima, relevo e curvatura do solo. Além disso, ele trabalha com uma ampla faixa de frequências que vão de 40MHz até 100GHz. Outro ponto importante para a pesquisa, é que o modelo consegue estimar parâmetros específicos, caso o perfil do terreno não esteja disponível. O nome dado a esse modo é “previsão modo de área” [12].

IV. METODOLOGIA

A) Simulação da Repetidora

Para avaliar a viabilidade da instalação da repetidora com sistema off grid na região do lago de Manso, foram utilizados os softwares Radio Mobile, para fazer toda a parte de simulação do enlace, e o Google Earth, para identificar e definir a região do estudo.

Primeiro, no Google Earth, foi selecionado o território que precisava da cobertura de telecomunicação. A figura abaixo é uma captura de tela do Google Earth e o território do estudo está contornado com a cor amarela.



Fig. 07. Território da simulação. Fonte: Google Earth.

Feito isso, é necessário exportar o arquivo em formato KML para que o software Radio Mobile consiga ler.

No software Radio Mobile é necessário abrir a aba “propriedade das estações” e importar o arquivo do Google Earth, como é possível ver na figura 08 que se encontra na próxima página:

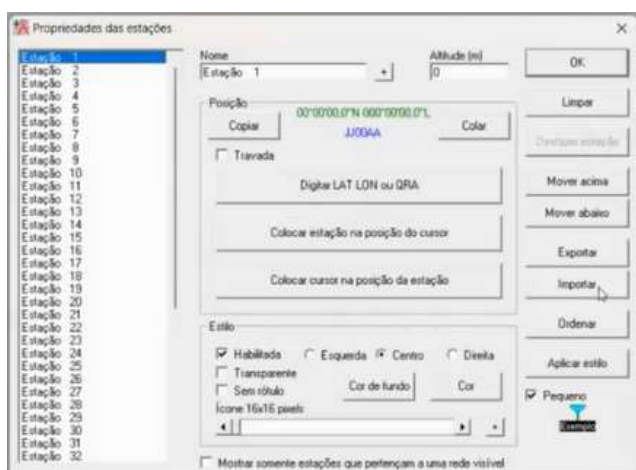


Fig. 08. Área inicial do software Radio Mobile. Fonte: Radio Mobile.

Após a importação do arquivo, é necessário trocar as nomenclaturas de estação 1, estação 2 e estação 3 para “teste Manso”, “móvel” e “portátil”, respectivamente, para facilitar os próximos passos. A altitude do relevo é dada pelo SRTM, que é uma biblioteca que contém dados sobre as altitudes de relevo de todo o mundo.

A altura definida para o primeiro teste será de 150 km.

A figura 09, retirada de uma captura de tela do Radio Mobile, é um mapa de calor da região desejada gerada pelo próprio software que relaciona o calor com as altitudes.

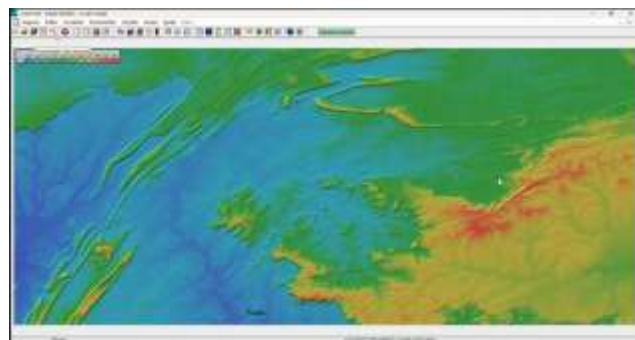


Fig. 09. Mapa de calor da região desejada. Fonte: Radio Mobile.

Os valores das altitudes encontradas começam em 136 e vão até 912 metros acima do nível do mar. Com base nesse mapa é necessário fazer um estudo para ter certeza que o ponto mais alto é o ponto de mais fácil acesso, se o centro da propriedade é de fato o melhor local para instalar a repetidora, e se esse ponto consegue levar a cobertura a todos os pontos desejados da propriedade.

As estações 2 e 3, que foram substituídas por “móvel” e “portátil”, respectivamente, são colocadas no mapa, para que o software possa realizar a simulação do enlace. As definições de frequência e clima, decididas pelo usuário, são colocadas na aba “networks properties”, e o primeiro item a ter seus parâmetros definidos é a repetidora, que será nomeada de forma abreviada como “RPT”. Na coluna ao lado está a figura da primeira aba de configuração de parâmetros do software Radio Mobile. Os seus campos estão preenchidos, como é possível perceber na figura 10:

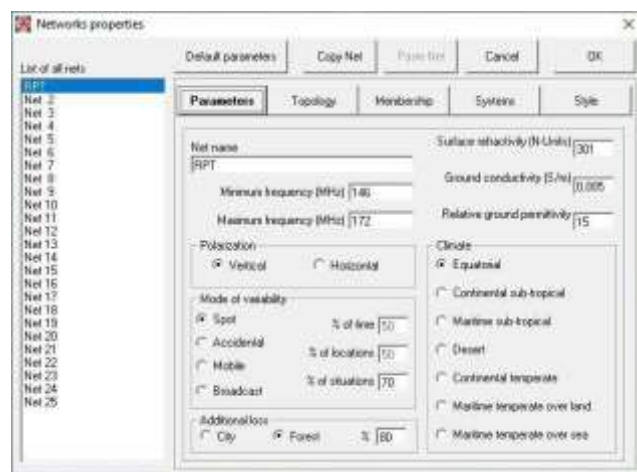


Fig. 10. Aba “networks properties”. Fonte: Radio Mobile.

Na aba “Systems” é preciso definir os seguintes parâmetros da repetidora: Potência de transmissão, limiar do receptor e perdas. A potência e o limiar são encontrados no datasheet do repetidor, porém, as perdas são estimadas conforme a quantidade de conectores. Para o projeto, considerou-se 1dB para cada conexão.

Abaixo temos a figura 11 para ilustrar o preenchimento da aba “systems”:

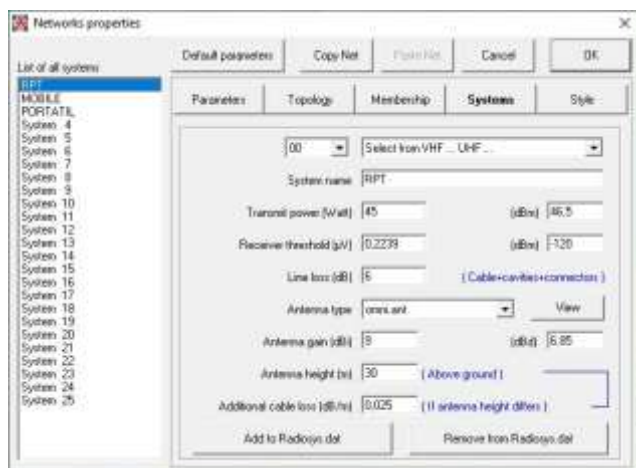


Fig. 11. Aba “Systems”. Fonte: Radio Mobile.

Para preencher os parâmetros do software Radio Mobile, primeiro é necessário definir a repetidora e antenas que serão utilizadas no projeto, sendo assim, utilizaremos a repetidora Mototrbo SLR5100, a antena Base VHF Colinear Dipolo 4 Elementos para o elemento móvel, e a antena Nagoya NA-771 Dual Band para o elemento portátil. Esses itens foram escolhidos devido a sua popularidade no mercado, suas características se encaixarem na descrição de necessidade do projeto, custo-benefício atrativo e facilidade de compra para as regiões de Cuiabá e Várzea Grande, visto que são as cidades mais próximas do local do estudo. Na próxima página temos as tabelas III, IV e V com as características principais de cada item.

TABELA III

Datasheet da Repetidora Mototrbo SLR5100. Fonte: Motorola.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Frequência	VHF: 136-174 MHz
Voltagem Entrada (CA)	100-240 Vca, 47-63 Hz
Voltagem Entrada (CC)	11,0-14,4 Vdc
Sensibilidade	0,22 uV
Pot. de saída transmissor	1-50 W
Temperatura de operação	-30°C a 60°C
Umidade de operação	HR de 95%
Pot. Aux. CC Externa	12 V, 1 A

TABELA IV

Datasheet da Antena Base VHF Colinear Dipolo 4 Elementos. Fonte: Steelbras.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Frequência	155-174 MHz
Potência Máxima	350 W
Ganho Omnidirecional	8,65 dBi
Ganho Bidirecional	8,00 dBi

Ganho Offset	11,00 dBi
Vento Máximo	220 km/h

TABELA V

Datasheet da Antena Nagoya NA-771 Dual Band. Fonte: Net Computadores.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Frequência	144-430 MHz
Potência Máxima	10 W
Ganho	2,15 dBi
VSWR	Menor que 1.5:1
Impedância	50 ohms

Depois de configurar as antenas “móvel” e “portátil” da mesma forma que a repetidora, com os dados das tabelas IV e V, é necessário conectá-las à repetidora, por meio da aba “membership”.

Na coluna ao lado, temos a figura 12 para ilustrar o preenchimento da aba “membership”, o nosso último passo antes de simular o enlace:

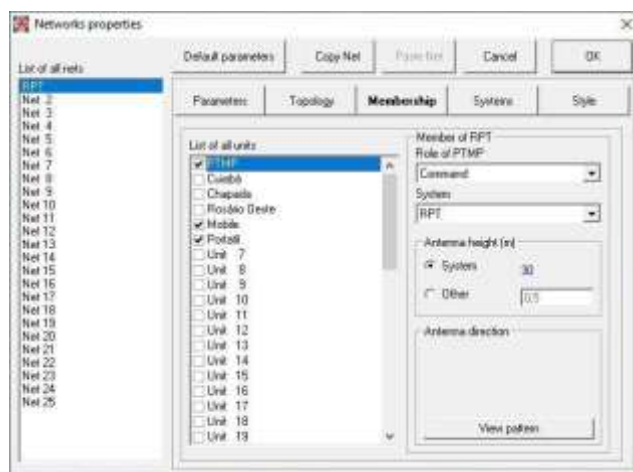


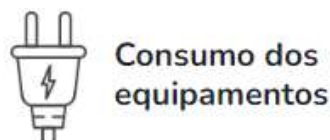
Fig. 12. Aba “Membership”. Fonte: Radio Mobile.

Finalizado a configuração do Radio Mobile, finalmente é o momento de executar a simulação. Como a imagem gerada pelo software não consegue nos dar a real dimensão da cobertura da antena no mapa, é preciso salvar o arquivo e abri-lo no Google Earth.

B) Cálculo do Sistema Off Grid

Para o sistema off grid foi utilizado a calculadora de dimensionamento da Intelbras Solar. A calculadora é disponibilizada de forma online e sua utilização é bastante intuitiva, sendo necessário apenas preencher os campos vazios.

Primeiramente adicionamos os equipamentos que serão alimentados pelo sistema off grid, sendo apenas uma repetidora com potência de 50W, como é possível verificar na figura abaixo:



Consumo dos equipamentos

Descrição do equipamento

Repetidora

Potência (W) ?

50

Quantidade

1

Horas de uso no dia ?

14

Adicionar à Lista

Fig. 13. Primeira etapa do dimensionamento. Fonte: Intelbras Solar.

A segunda etapa do dimensionamento, consiste em preencher informações de inversor, bateria estacionária e local de instalação. A figura 14, logo abaixo, traz a captura da tela preenchida com os dados disponibilizados durante o estudo.

Inversor

Processo equipamento com módulo de instalação ?

Não

Qual é a tensão Vcc dos equipamentos ?

127 Vcc

Tipo do Inversor ?

Onida Serrador Plura

Bateria estacionária

Capacidade em ampêre-hora (Ah) ?

150 Ah

Descomprimento baterias em (h) ?

80%

Autonomia em dias ?

2

Tensão do banco de baterias ?

12V

Local de instalação

Estado

Mato Grosso

Cidade

Chapada dos Guimarães

0-452° (coordenada é de 0 a 360)

Fig. 14. Segunda etapa do dimensionamento. Fonte: Intelbras Solar.

Assim que os dados são colocados na plataforma, automaticamente o site retorna com uma lista de materiais para o projeto. A seguir, temos a captura de tela da referida lista:

Lista dos materiais para o projeto

Quantidade	Modelo	Descrição
1	EMS 1000	Módulo Fotovoltaico Policristalino 360 W
1	BCP 3024	Controlador de Carga PWM 20 A - 12/24 Vcc
1	Conector Simples	Conector ar Cabo MC4 for 10MM 1 Vcc 1.5 kV 45 A
1	Conector 2x1 Simplex Paralelo	Conector ar Cabo MC4 for 10MM 1 Vcc 1.5 kV 25 A
1	-	Inversor 12/127Vcc com potência acima de 50W Onida Serrador Plura
1	12045102	Bateria Estacionária Chumbo Estacionária Plura 12V 150Ah

Fig. 15. Lista dos materiais para o projeto. Fonte: Intelbras Solar.

Com a lista definida é possível estimar o preço da instalação da antena off grid.

É importante ressaltar que para os custos estimados não foram considerados os equipamentos de proteção e aterramento.

V. RESULTADOS E ANÁLISES

Para a simulação utilizamos os softwares Google Earth e Radio Mobile, a repetidora Mototrbo SLR5100 e as antenas Nagoya NA-771 Dual Band e Base VHF Colinear Dipolo 4 Elementos.

A repetidora e as antenas foram escolhidas de acordo com custo-benefício e conseguiram, facilmente, abranger o todo o território selecionado para o estudo.

Os resultados finais para a simulação são as figuras 16 e 17, que se encontram na coluna ao lado:



Fig. 16. Área total de cobertura da antena repetidora. Fonte: Google Earth.



Fig. 17. Área de cobertura da antena repetidora com enfoque no território do estudo que está envolto na linha preta. Fonte: Google Earth.

A área em amarelo, nas figuras 16 e 17, são a representação da cobertura do sinal, e a área delimitada pela faixa preta na figura 17, é o território que precisava de telecomunicação em todos os locais de sua propriedade.

Outra confirmação obtida é sobre a incidência solar, como o ponto escolhido é o ponto mais alto do território e não possui árvores ou construções, apenas gramíneas, logo, as placas solares e a bateria conseguem manter o sistema funcionando de forma independente da rede elétrica.

A figura 15 do tópico anterior foi reescrita na tabela VI e adicionada uma média dos valores de cada item.

TABELA VI
Valores Médios dos Materiais para o Projeto.

Qde	Descrição	Valor (R\$)
2	Módulo Fotovoltaico Policristalino 160W	1.600,00
1	PWM 20A - 12/24 Vcc	300,00
1	Conector simples	20,00
1	Conector p/ lig. paralelo	75,00
1	Bateria Estacionária 12V 150Ah	2.000,00

O valor total aproximado da lista de materiais para o sistema off grid é de 4.000,00 reais. Esta lista sobe para 7.000,00 reais se contarmos com os custos com a estrutura para suportar as placas solares, o desenvolvimento do projeto e o serviço de instalação.

Quanto à rede de energia elétrica, optou-se por consultar a distribuidora de energia local, Energisa MT, para solicitar a localização do ponto de rede mais próximo da repetidora e um orçamento.

A figura 18 mostra o ponto de instalação da repetidora, com o pino amarelo, e o trajeto, em amarelo, que seria necessário percorrer para alimentar a repetidora com a rede da distribuidora.



Fig. 18. Trajeto, em amarelo, que a rede elétrica precisaria percorrer para alimentar a repetidora. Fonte: Google Earth.

Segundo a concessionária local Energisa Mato Grosso, uma obra de 1,7 km de rede trifásica com todos os componentes necessários, utilizando o cabo mínimo por normativa interna de #2AWG com alma de aço, ficaria em torno de 150.000,00 reais, pois seriam necessários à instalação de 14 postes, um transformador trifásico 34kV/220V de 30kVA, além dos componentes menores, que seriam isoladores, cruzetas e miscelâneas.

Os valores propostos para instalar o sistema off grid está em torno de 7.000,00 reais, enquanto que levar a rede elétrica de distribuição ao ponto desejado, encontra-se o valor

exorbitante de 150.000,00 reais, isso sem mencionar os custos com a manutenção, que são maiores quando se trata da rede elétrica. Sendo assim, neste estudo de caso, é mais viável utilizar o sistema off grid.

VI. CONCLUSÕES

A telecomunicação está em constante expansão, e mesmo as regiões mais afastadas e com menor densidade demográfica também precisam se comunicar. Ao longo deste estudo foram apresentados diversos aspectos da repetidora off grid, como seu funcionamento, suas características principais e seu custo médio. Diante a análise do referente estudo é possível concluir que esta é uma solução promissora para melhorar a conectividade nessas áreas.

Foi possível verificar que a utilização de fontes de energia renováveis para alimentação da estação repetidora pode reduzir significativamente o investimento financeiro necessário para a implantação de uma rede de telecomunicações nesses locais. Além disso, a facilidade de transporte e instalação torna essa solução ainda mais atrativa. Para a região do referente estudo, a repetidora off grid de baixo custo se mostrou mais viável do que uma repetidora conectada à rede elétrica.

Devido a área de cobertura demonstrada na figura 16 do tópico 5, o proprietário poderia inclusive se unir a outros proprietários próximos, pois o alcance da repetidora é enorme.

Assim concluímos que cada caso, de necessidade de instalação de um sistema via radioenlace, deve ser analisado individualmente, porém, o relevo, clima ou densidade demográfica não devem ser um impedimento para conectar as pessoas.

Como proposta para trabalhos futuros seria interessante uma avaliação do uso de repetidoras off grid para sinais na faixa de telefonia celular, considerando que na região estudada há um significativo potencial turístico e econômico.

Outra possibilidade seria a realização de um estudo mais aprofundado considerando a inclusão dos parâmetros dos equipamentos de proteção e aterramento para o sistema proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Mato Grosso*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt.html>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- [2] Mato Grosso. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso (INDEA). *Pecuária de MT quebra novo recorde e rebanho atinge 32,7 milhões de cabeças*. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/-/18851655-pecuaria-de-mt-quebra-novo-recorde-e-rebanho-atinge-32-7-milhoes-de-cabeças#:~:text=Ao%20todo%20Mato%20Grosso%20tem,663%2C%20distribu%C3%ADdos%20em%203.133%20propriedades>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- [3] FLORÊNCIO, P. *Radioenlaces: Conceitos e Fundamentos*. Target, 2023. Disponível em: <https://www.targetso.com/2020/05/06/radioenlaces-conceitos-basicos/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

- [4] Admin. *Como funcionam as repetidoras?* Oluap Radiocomunicação, 2023. Disponível em: <http://www.oluapmot.com.br/noticias/como-funcionam-as-repetidoras/#:~:text=Uma%20esta%C3%A7%C3%A3o%20repetidora%20nada%20mais,sinal%20desejado%20ao%20mesmo%20tempo>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [5] Enetec, UnB. *Sistema Fotovoltaico Off-Grid*. Enetec, 2023. Disponível em: https://enetec.unb.br/blog/sistema-fotovoltaico-off-grid/#Sistema_fotovoltaico_off-grid. Acesso em: 28 abr. 2023.
- [6] Brasil. Eletrobras. *Usina de Manso*. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/subsecao/124/usina-de-manso?culture=pt#:~:text=A%20Usina%20de%20Manso%2C%20constru%C3%ADda,principal%20afluente%20do%20rio%20Cuiab%C3%A1>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- [7] SALLES, A. *As repetidoras*. Propagação Aberta, 2023. Disponível em: <https://propagacaoaberta.com.br/o-que-e-uma-repetidora-para-que-serve-e-como-funciona/>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [8] SALLES, A. *Como funciona uma repetidora...* Eletrônica e outras variedades, 2023. Disponível em: <https://fernandosantosfilho.wordpress.com/2015/08/04/como-funciona-uma-repitidora/>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [9] Era Solar. *Sistema Fotovoltaico Isolado da Rede (OFF-GRID)*. Era solar, 2023. Disponível em: <https://www.erasolar.com.br/fotovoltaico-off-grid/>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [10] Portal Solar. *Sistema de Energia Solar Off Grid*. Portal Solar, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-energia-solar-off-grid>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [11] Brasil. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB). *Potencial Solar – SunData v 3.0*. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [12] Santos, V. *Redes Wireless: Radio Mobile como Ferramenta de Predição de Nível de Sinal – Teoria e Prática*. Teleco - Inteligência em Telecomunicações, 2023. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwirelessrb/>. Acesso em: 02 mai. 2023.
- Energisa. *Repetidora de Baixo Custo Off Grid*. Energisa, mar. 2022.
- Intelbras Solar. *Calculadora para dimensionamento de um gerador Off Grid*. Intelbras Solar, 2023. Disponível em: https://calculadora-offgrid.intelbras.com.br/?utm_source=&utm_medium=&utm_campaign=&utm_term=&gclid=CjwKCAjwjMiiBhA4EiwAZe6jQzD8Gjo3yfuMI5sXZ3Zlidy14Tfpszcl552Go3B2riYBsZO03gjy9BoC7mMQAvD_BwE. Acesso em: 04 mai. 2023.
- Motorola Solutions. *Repetidora Mototrbo SLR5100*. Motorola, 2023. Disponível em: https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-PT/mot_slr5100_datasheet_pt.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.
- Net Computadores. *Antena Nagoya NA-774 BNC Dual Band*. Disponível em: <https://netcomputadores.com.br/p/na774-antena-nagoya-na774-bnc/6465>. Acesso em: 04 mai. 2023.
- Steelbras. *Antena Base Dipolo Colinear 4 Elementos VHF*. Steelbras, 2023. Disponível em: <https://www.steelbras.com.br/produto/antena-base-dipolo-colinear-4-elementos-vhf-148-172-mhz/>. Acesso em: 03 mai. 2023.