

SIMULADORES EXPERIMENTAIS DE RADIOTELESCÓPIOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO NÍVEL MÉDIO

Roteiros de Construção e de Experimentos: Radioastronomia – Produtos Educacionais

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
Marildo Geraldête Pereira



ROTEIROS DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores:

Germano Pinto Guedes

Marildo Geraldête Pereira

RADIOASTRONOMIA



PRODUTOS EDUCACIONAIS

APRESENTAÇÃO..... 3

Informações ao Professor..... 4

Conhecimentos Prévios e Atividades de Introdução..... 5

Metodologia Proposta..... 6

Conteúdos..... 7

A RADIOASTRONOMIA..... 8

RADIOTELESCÓPIO BANDA Ku..... 9

Introdução..... 10

Manual de Construção..... 14

Procedimento Experimental..... 25

Recursos Adicionais..... 30

Referências..... 31

Este trabalho é parte integrante da dissertação **Simuladores Experimentais de Radiotelescópios para o Ensino de Astronomia no Nível Médio**, constituindo seu Apêndice, com o detalhamento de cada produto desenvolvido no mestrado, em conformidade com a proposta de divulgação científica do Mestrado Profissional em Astronomia – MPAstro da UEFS.

São seis Produtos Educacionais, que poderão ser adotados individualmente pelo professor para as Aulas de Física no Ensino Médio, abordando o Eletromagnetismo. Tendo a Radioastronomia como tema, sua contextualização histórica e científica está relacionada à descoberta das ondas eletromagnéticas, à utilização das ondas de rádio, aos Pulsares, ao sistema planetário de Júpiter e Io, com emissões decamétricas, ao Sol com um radiotelescópio experimental com antena Banda Ku e à Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas (RCFM).

Todas as montagens que envolvam interligação com a rede elétrica só devem ser realizadas com a presença do professor.

Os roteiros apresentam sugestões de construção que não devem ser encaradas como modelos rígidos, pois podem ser adaptadas a cada realidade escolar. Algumas atividades também são sugeridas ao final de cada Produto Educacional.

Informações adicionais do trabalho de pesquisa, as vivências em campo com a Radioastronomia Experimental, o desenvolvimento dos Produtos Educacionais propostos, sua utilização em eventos realizados em ambientes formais e não formais de ensino, bem como outras considerações sobre os referenciais teóricos, a Radioastronomia e a Aprendizagem Significativa, foram tratados no texto da dissertação.

Os roteiros também estão disponíveis no endereço eletrônico que integra o projeto:

<https://www.radioastronomia.pro.br/>

Neste endereço, além de informações adicionais sobre a Radioastronomia e *links* sugeridos para outras pesquisas pelo professor, há um *Blog* atualizado regularmente.

Apresentamos os roteiros com a metodologia de construção e algumas sugestões de aplicação dos seis Produtos Educacionais criados durante o Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS (MPAstro). Os produtos são voltados ao ensino de Física, mais especificamente do eletromagnetismo, com associação dos conhecimentos teóricos às aplicações práticas na Astronomia, por meio de técnicas observacionais que utilizam as ondas de rádio, com a Radioastronomia. Outros conteúdos podem ser relacionados a cada produto: Matemática, Novas Tecnologias, Ciências, Artes e Linguagens etc., a critério do professor.

Cada um dos produtos destaca um tema, físico ou astronômico e, em termos de história da Ciência, contextualiza alguma descoberta relevante. Não é necessário construir todos os produtos para que a história e os aspectos físicos envolvidos sejam abordados. O professor tem ampla autonomia para decidir o contexto em que serão utilizados, de acordo com seu planejamento didático. No Quadro 1, resumo das informações associadas aos produtos.

Quadro 1

PRODUTOS EDUCACIONAIS	Experimento de Hertz; Rádio de Galena Adaptado; Simulador de Io-Júpiter; Simulador de Pulsar; Radiotelescópio com Antena Banda Ku e Simulador da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas – RCFM;
PÚBLICO ALVO	Estudantes e professores de Física do 3º Ano do Ensino Médio; Estudantes e professores de Física da Graduação.
OBJETIVO GERAL	Contribuir para o ensino-aprendizagem da Astronomia com o uso de tecnologias de informação e comunicação, fomentando a construção de artefatos experimentais, colaborativamente, em um contexto interdisciplinar, com a Radioastronomia experimental
CONHECIMENTOS PRÉVIOS	Eletricidade e Eletromagnetismo; Tecnologias de Comunicação e Informação; Elaboração de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê;
O QUE APRENDERÃO	Noções básicas da física da emissão e recepção de ondas eletromagnéticas; Familiarizar-se com a emissão de ondas de rádio por dispositivos artificiais; Aspectos físicos da emissão de sinais de rádio por corpos celestes: Radioastronomia; Construção de dispositivos eletrônicos e entendimento do seu funcionamento; Organização de atividades em equipe.
MATERIAIS	A partir das sugestões construtivas apresentadas nestes roteiros, os professores e estudantes poderão adotá-las ou criar outras estratégias de montagem com materiais diversos para cada Produto Educacional.
AVALIAÇÃO	Proposta de avaliar a participação dos estudantes nas atividades realizadas: pesquisas com a elaboração dos Mapas Conceituais; nos procedimentos práticos, com os Diagramas em Vê ; apresentações para os outros estudantes e o professor e os relatórios.

Conhecimentos Prévios e Atividades de Introdução

A construção dos Produtos Educacionais pode ser feita pelo professor, para utilizá-los posteriormente em classe com os estudantes, ou podem ser construídos por todos os estudantes, com a orientação do professor. Esta decisão dependerá do tempo disponível para a realização das atividades. Considera-se que a construção pelos estudantes será uma experiência mais significativa, permitindo-lhes realizar pesquisas prévias, administrar a aquisição dos materiais, encontrar novas soluções construtivas, dentro do que o experimento se propõe, realizar a montagem numa abordagem interdisciplinar, testar, experimentar e relatar as atividades.

O professor poderá utilizar conteúdos dos livros didáticos do 3º Ano sobre o eletromagnetismo, complementar as informações com pesquisas na Internet e ilustrá-las com vídeos – para compor aula expositiva a ser exibida previamente de modo a contextualizar as informações e o encadeamento histórico das descobertas desde Maxwell e Hertz, até o que for tratar mais especificamente com cada produto.

Partir dos conceitos mais gerais aos mais específicos

Para aplicação da metodologia proposta, valendo-se de pressupostos da teoria de Ausubel, como a diferenciação progressiva, recomenda-se que os aspectos teóricos sejam apresentados inicialmente com ideias mais gerais e que os detalhes sejam progressivamente incluídos, como se fosse um Mapa Conceitual em que se obedece uma estrutura hierárquica para a diferenciação dos conceitos.

Para tratar da Radioastronomia, que possibilitou inúmeras descobertas astronômicas, deve-se estabelecer relações entre as descobertas astronômicas temáticas de cada produto e os avanços desencadeados com o uso das ondas eletromagnéticas. Em cada produto há sempre algum fato relevante da História, tanto para a Física como para a Astronomia.

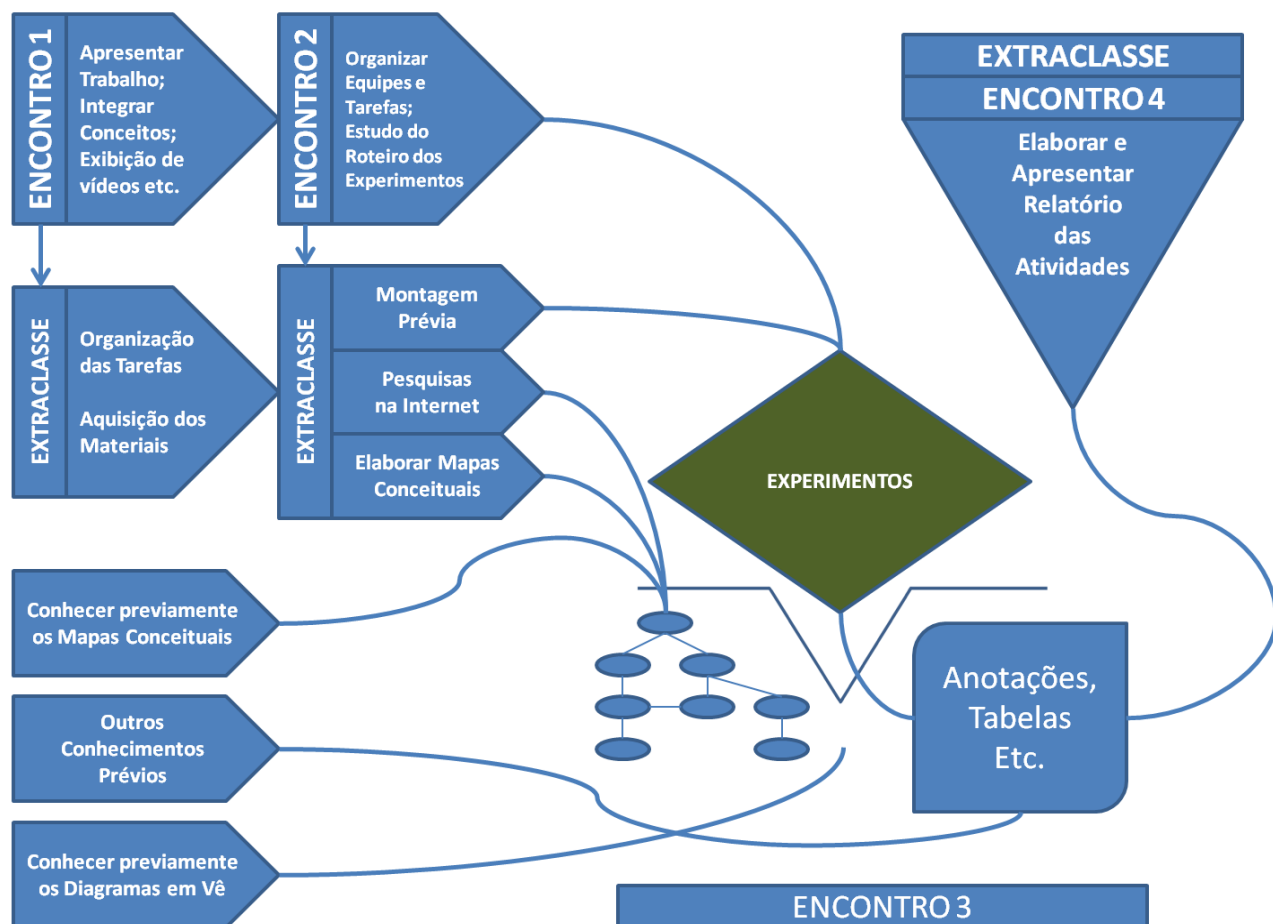
Ressalta-se que, caso os estudantes não estejam em um curso de perfil técnico, é possível que não conheçam os componentes eletrônicos utilizados. Porém, as informações (sobre LEDs, capacitores e indutores, por exemplo) presentes nos livros didáticos, associados às pesquisas na Internet, complementarão as informações necessárias para a compreensão dos conceitos envolvidos na utilização do Produto Educacional adotado, o que não descarta a participação do professor. Se forem estudantes com perfil técnico, cada componente e o comportamento elétrico dos circuitos utilizados poderão ser aprofundados.

Para a construção dos experimentos, recomenda-se que os estudantes organizem equipes e dividam as tarefas, incluindo aquisição dos materiais, pesquisas e a montagem. Parte da construção deve ser realizada em atividades extraclasse e a montagem definitiva a ser realizada na sala de aula, com todos os recursos disponíveis reunidos.

Para a pesquisa prévia e a análise dos experimentos, os estudantes devam estar familiarizados com a elaboração de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê (NOVAK & GOWIN). Recomenda-se evidenciar quais aspectos serão avaliados na elaboração dos mapas e dos diagramas e que os estudantes realizem diversos mapas para refinar a sua elaboração. Com os mapas organizarão os conceitos que pesquisaram previamente e com os diagramas organizarão a realização dos experimentos e simulações, com cada produto, com base na(s) questão(ões) central(is).

Informações ao Professor

Figura 1



Realizar Mapas Conceituais e estudos prévios para o tema de cada experimento adotado.

Sugerimos quatro encontros em sala de aula e 3 encontros extraclasse, promovidos pelos estudantes, para a execução de todas as atividades, relacionadas a cada produto, individualmente, Figura 1. São tempos que devem ser ajustados pelo professor.

Recursos das Aulas e Estratégias de Ensino

Numa abordagem interdisciplinar, diversos conteúdos do planejamento didático eventualmente encontrarão ressonância em algum dos produtos. O elemento comum é o eletromagnetismo, aplicado à Astronomia.

Quadro 2

Produtos	Exemplos de Conteúdos
EXPERIMENTO DE HERTZ	História: Maxwell e Hertz; Ondas Eletromagnéticas; transmissão e recepção; indutores, transformadores, capacitores; entendimento do espectro eletromagnético; descobertas posteriores das emissões dos objetos celestes em várias faixas de onda, por exemplo, infravermelho, luz visível, rádio.
RÁDIO DE GALENA ADAPTADO	Ondas eletromagnéticas; Notação científica; Espectro Eletromagnético; Circuito sintonizado LC; Antenas. Diodos. Tipos de modulação de radiofrequências. O aperfeiçoamento dos receptores possibilitou a Jansky descobrir os sinais de rádio da Via Láctea em 1931.
SIMULADOR IO-JÚPITER	Ondas de rádio gerados por planetas em ambientes em que há intensos campos magnéticos e partículas carregadas; Radiações Cíclotron e síncrotron. Técnicas de Radioastronomia. Uso de TIC. Propriedades da propagação das ondas eletromagnéticas.
SIMULADOR DE PULSAR	Ondas eletromagnéticas; Indução magnética. Imãs. Bobinas. Uso de TIC. Radioastronomia. Antenas. Emissões cíclotron e síncrotron. Evolução estelar. Pulsares. Estrelas de nêutrons.
RADIOTELESCÓPIO ANTENA BANDA Ku	Ondas eletromagnéticas; Uso de TIC. Radioastronomia. Transmissão e recepção. Micro-ondas. LNA e LNB. Antenas. Radiação do corpo negro. O Sol e as estrelas. Evolução estelar.
SIMULADOR RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO EM MICRO-ONDAS - RCFM	Ondas eletromagnéticas. Cosmologia. Radiação do corpo negro. Emissões Térmicas. Planck. Uso de TIC. Radioastronomia. Espectro eletromagnético. Evolução estelar. Temperatura. Efeito Doppler. O Big Bang.

JANELAS DE OBSERVAÇÃO CÓSMICA NA TERRA

As janelas de observação cósmica representam a transparência da atmosfera terrestre para certas faixas do espectro eletromagnético e abrangem, de modo esquemático, duas grandes regiões:

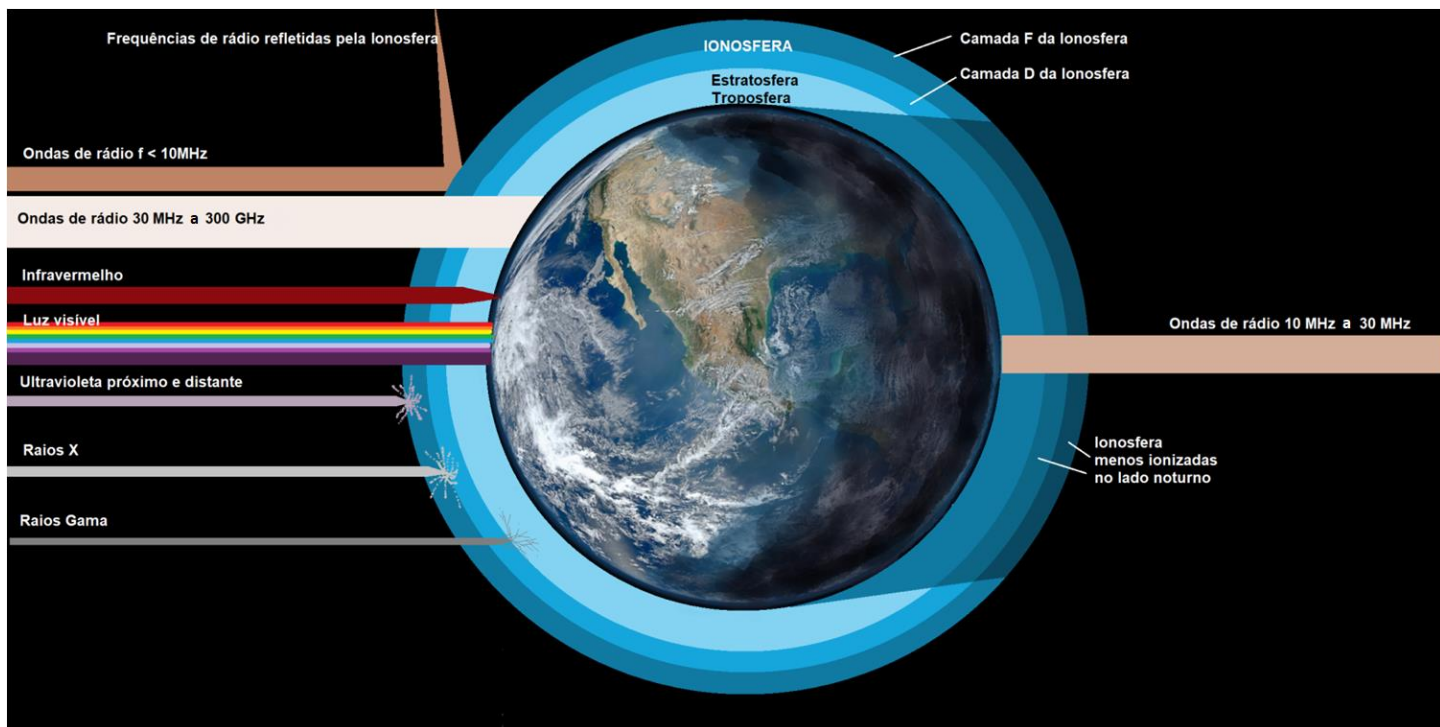
A da luz visível – que permite a Astronomia convencional, com os telescópios óticos;

A das ondas de rádio – que possibilita a Radioastronomia, em frequências de aproximadamente 10 MHz a mais de 300 GHz. Esta janela pode variar de acordo com a abordagem adotada e já foi estendida para frequências mais altas com o radiotelescópio ALMA (www.almaobservatory.org).

Frequências inferiores a aproximadamente 10 MHz são bloqueadas ou absorvidas pelas camadas da ionosfera, ionizada pelo Sol. Frequências entre 10 e 30 MHz, aproximadamente, podem ser captadas, dependendo do horário. Cumpre notar que estes limites não são valores rígidos e são meios de entendermos o comportamento das ondas de rádio e planejar as observações adequadamente.

Frequências entre 10 MHz e 30 MHz (aproximadamente) podem ultrapassar a ionosfera à noite, quando esta se encontra menos ionizada. Por isso, a radioastronomia amadora, como a promovida com o *Radio Jove* (<https://radiojove.gsfc.nasa.gov/about.htm>), deve ser realizada quando o planeta Júpiter está visível à noite, com o receptor de 20,1 MHz (mais detalhes no texto da dissertação).

Figura 2



Janelas de observação cósmica com imagem adaptada da NASA/NOAA/GSFC/Suomi NPP/VIRS/Norman Kuring
 Inspirada na imagem "radio-wave-science-education" (Pinterest)
 Camadas atmosféricas fora de escala



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores:

Germano Pinto Guedes

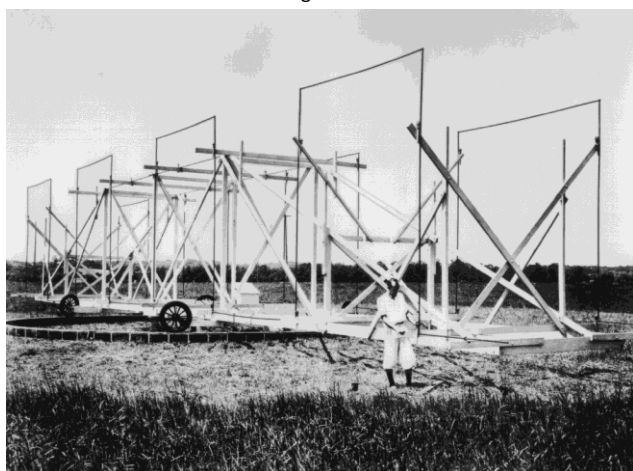
Marildo Geraldête Pereira



RADIOTELESCÓPIO BANDA Ku

A Radioastronomia surgiu, em 1931, quando Karl Jansky, pesquisando sobre interferências em Ondas Curtas para a Bell Labs, detectou sinas de rádio da Via Láctea. Ele utilizou uma antena chamada “carrossel de Jansky”, composta por dipolos montados em uma estrutura que podia ser girada para apontar para diferentes direções do céu, na frequência de 20,5 MHz, Figura 1.

Figura 1



Fonte: http://www.nrao.edu/whatisra/hist_jansky.shtml

Figura 2



Fonte: http://www.nrao.edu/whatisra/hist_reber.shtml

Após a descoberta de Jansky, o pioneirismo de outro pesquisador, Grote Reber, com suas antenas e instrumentos artesanais, como uma grande antena que construiu em sua casa, Figura 2, ainda é um marco na Radioastronomia, replicado até hoje por radioastrônomos amadores. Atualmente, a complexidade dos instrumentos e antenas aumentou muito, tornando a Radioastronomia um campo de pesquisas avançadas e com equipamentos que são o estado da arte em termos da sensibilidade, resolução angular e capacidade de processamento de dados, operando nas frequências mais baixas até as radiações de micro-ondas e nos limites com o infravermelho. Hoje, a Radioastronomia compreende a janela de observação no intervalo de comprimentos de onda, λ , de 30 m a cerca de 0,2 mm (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 1), mas estes limites podem ser estendidos dependendo da tecnologia utilizada e de observações com sondas espaciais.

As emissões da Via-Láctea, descobertas por Jansky, na faixa de 14,6 m (20,5 MHz), estabeleceram um limite prático para as tentativas de redução de interferências na faixa de Ondas Curtas, que eram importantes para telecomunicações no começo do século XX. Este limite proposto por Jansky (KRAUS, 2005, p. 1-8) delimitou um patamar de uso prático das Ondas Curtas para as telecomunicações.

Emissões na faixa de 1,87m (160 MHz), captadas por Grote Reber, oriundas do plano da Via-Láctea, e outras faixas de frequências, que resultaram em artigo publicado no *Astrophysical Journal*, na década de 1940, destacam-se dentre outras contribuições deste pesquisador: elaborou o primeiro mapa de rádio da Via Láctea; primeira evidência de emissões não termais; primeiras evidências de fontes discretas de rádio; primeira evidência de emissão do Sol (KELLERMANN, 1999, p.371). Suas descobertas pavimentaram o caminho do que estava por vir, incentivando pesquisas de outros cientistas como Jan H. Oort (KRAUS, 2005, p. 1-9).

Após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento dos radares e rádios de micro-ondas, a Radioastronomia obteve novo impulso tecnológico. Com a construção de grandes antenas, Figura 3, também foi possível a comunicação com sondas no espaço profundo, como a Voyager.

Um radiotelescópio pode ter inúmeros formatos, que dependem do tipo de arranjo de antenas utilizadas. A antena mais típica é a caracterizada pelo refletor parabólico, o alimentador e as ferragens, todos de grandes dimensões, para aumentar o ganho da antena, instalados em algum local ermo, apontando em direção ao céu. Uma antena de TV por assinatura via satélite, Figura 4, guarda algumas semelhanças: um refletor parabólico, o alimentador e as ferragens, não muito maiores do que 60 cm, instalados em algum lugar que possibilite visão desobstruída para o céu, no alto de um telhado ou parede.

Figura 3



Fonte: https://voyager.jpl.nasa.gov/news/details.php?article_id=50

A diferença de escala não desmerece as semelhanças que são devidas aos princípios de funcionamento das antenas. No caso do radiotelescópio profissional típico, com grandes estruturas, os equipamentos são bem específicos para a faixa de frequência de estudo, com a sensibilidade e resolução necessárias e os sofisticados computadores para análise. Alguns observatórios são constituídos por grandes antenas isoladas, como Arecibo, em Porto Rico, e o Parkes, na Austrália, Figura 5, além do FAST, o maior do mundo, na China, Figura 6. Outros, são constituídos por arranjos de muitas antenas idênticas, operando em conjunto, como o ALMA, no Chile, e o LOFAR. Uma antena de TV por assinatura pode ser adaptada para se transformar num pequeno radiotelescópio, entretanto seus recursos são limitados, o que deve ser esclarecido no seu uso didático. Ainda assim, é utilizado em muitas instituições de ensino.

Figura 4



Figura 5



Fonte: <https://www.atnf.csiro.au/outreach/visiting/parkes/index.html>

Figura 6



Fonte: Liu Xu/Xinhua/Associated Press

As faixas de operação dos radiotelescópios são extensas e existem frequências que são alocadas especificamente para a Radioastronomia. Alguns exemplos na Figura 7:

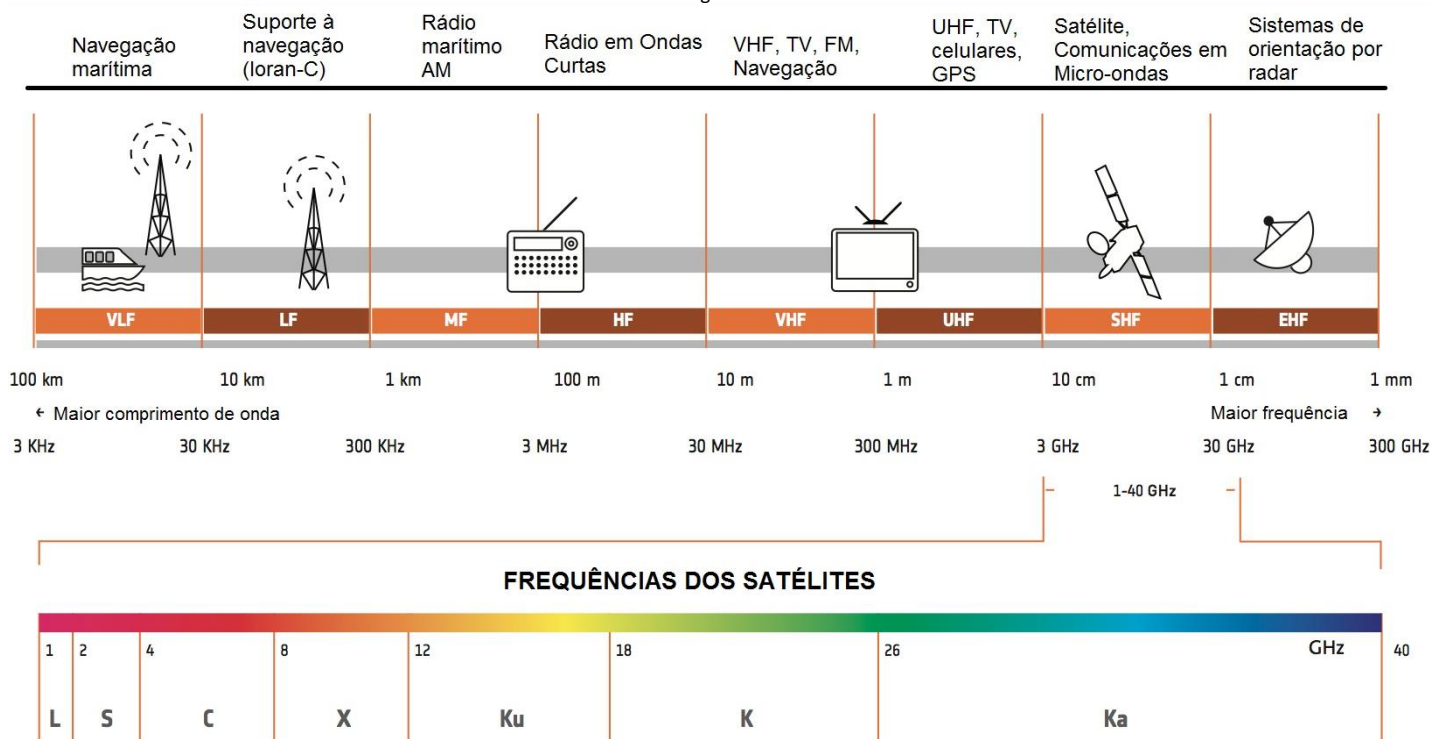
Figura 7

Faixas de frequência alocadas para Radioastronomia – observação contínua	
Banda de frequência (MHz)	Banda de frequência (GHz)
13.360 – 13.410	10.6 – 10.7
25.550 – 25.670	15.35 – 15.4
37.5 – 38.25	22.21 – 22.50
73 – 74.6	23.6 – 24.0
150.05 – 153	31.3 – 31.8
322 – 328.6	42.5 – 43.5
406.1 – 410	76 – 116
608 – 614	-----
1400 – 1427	123 – 158.5
1660 – 1670	164 – 167
2655 – 2700	200 – 231.5
4800 – 5000	241 – 275

Fonte: Adaptado de ITU - Recommendation RA.314-10 (06/03), p. 6

O radiotelescópio experimental aqui proposto, captará sinais da faixa alocada para comunicações via satélite na faixa inferior da Banda K, a Banda Ku, conforme diagrama abaixo, Figura 8. Os dispositivos utilizados são projetados para a recepção apenas de sinais de micro-ondas e não são geradores relevantes de interferência em outros equipamentos de comunicação.

Figura 8



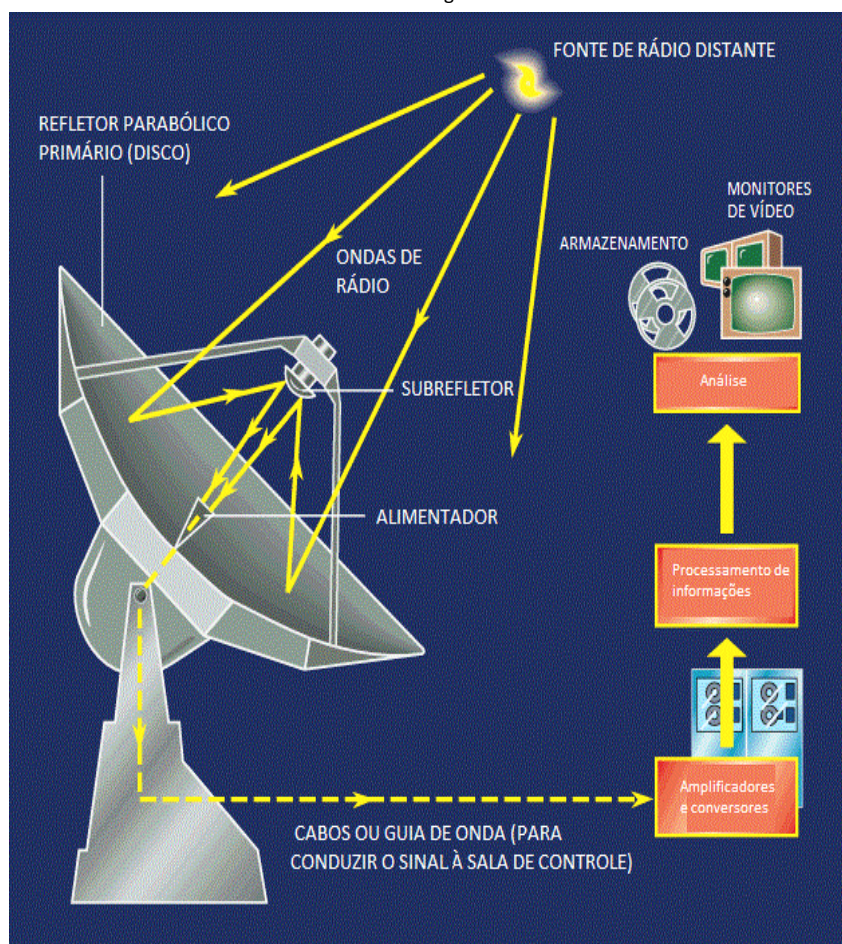
RADIOTELESCÓPIOS

Uma antena parabólica (Figura 9, fora de escala) usada na radioastronomia é composta por alguns elementos básicos: o refletor, que concentra as ondas eletromagnéticas, podendo possuir um subrefletor para redirecioná-las ao alimentador, que capta as ondas eletromagnéticas e as transfere, acoplando-as eletricamente com algum tipo de sensor bolométrico ou amplificador de baixo ruído.

Este receptor de rádio fará amplificação e transmissão dos sinais para outros circuitos que poderão converter frequências, digitalizá-las e transferi-las pelos cabos e fibras óticas para os computadores, onde são armazenados para serem analisados.

A radioastronomia que será vivenciada com este radiotelescópio experimental, em termos básicos, é muito semelhante à que é praticada profissionalmente, porém em escala muito menor, comparação no Quadro 1:

Figura 9



Adaptado de: http://abyss.uoregon.edu/~js/images/radio_telescope.gif

Quadro 1

Item	Profissional	Amador
Fonte de rádio distante	Todas as radiofontes	Sol, Terra, Júpiter (com <i>Radio Jove</i>)
Refletor parabólico	Grandes dimensões	0,6 m, dipolos, cornetas artesanais
Cabos	Guias de onda, cabos coaxiais, fibras óticas	Cabo coaxial comercial
Amplificadores	MASER, amplificadores criogênicos, radiômetros	LNB, amplificadores artesanais, Rádios do tipo SDR
Processamento de informações	Supercomputadores com grande capacidade de armazenar as informações	Caderno de anotações; <i>Notebook</i> , com <i>Radio-SkyPipe</i> , Internet
Análise	Astrônomos, Físicos, Matemáticos	Estudantes, Professores, amadores

Com o Radiotelescópio experimental com antena da Banda Ku, as atividades são propostas ao público alvo de estudantes e professores do Ensino Médio. Também pode ser utilizado para cursos técnicos de eletrônica e na graduação de Física.

É um produto experimental que é inteiramente controlado pelo professor e estudantes, que apontam a antena, programam o tempo de medição e registram os eventos, a partir das leituras de intensidade do sinal, por meio do *Satellite Finder*. Alternativamente, podem realizar a digitalização dos sinais captados, com adaptações simples no circuito do *satellite finder* de modo a interligar o sinal do medidor analógico a um computador com o programa **RadioSky-Pipe**.

O Sol é o objeto astronômico de observação mais fácil com este radiotelescópio, possui uma dimensão angular relativamente grande, no céu, sendo mais fácil de ser localizado e é uma intensa fonte de radiação em diversas faixas de frequências. Apesar de irradiar sinais desde as frequências mais baixas do espectro eletromagnético, nos momentos de intensa atividade solar, nossa atmosfera reflete de volta para o espaço parte desta radiação. Na faixa de Ondas Curtas, a atividade solar pode produzir sinais de rádio tão intensos que são suficientes para superar a barreira atmosférica. Captações destes sinais na faixa de 20 MHz podem ser realizadas com outro radiotelescópio experimental, o do *Radio Jove Project*.

Os sinais de rádio do Sol, detectados por este radiotelescópio, caracterizam-se por serem emissões típicas do corpo negro, em grande faixa do espectro eletromagnético. O radiotelescópio que será construído é um modelo simplificado de um radiotelescópio real, com as seguintes características:

Opera na faixa de recepção do LNB, Banda Ku comercial, cerca de 12 a 12,7 GHz;

Pode detectar emissões de origem térmica, de corpos como o Sol, a própria Terra, construções próximas, árvores, pessoas; emissões espúrias de lâmpadas elétricas.

Figura 10

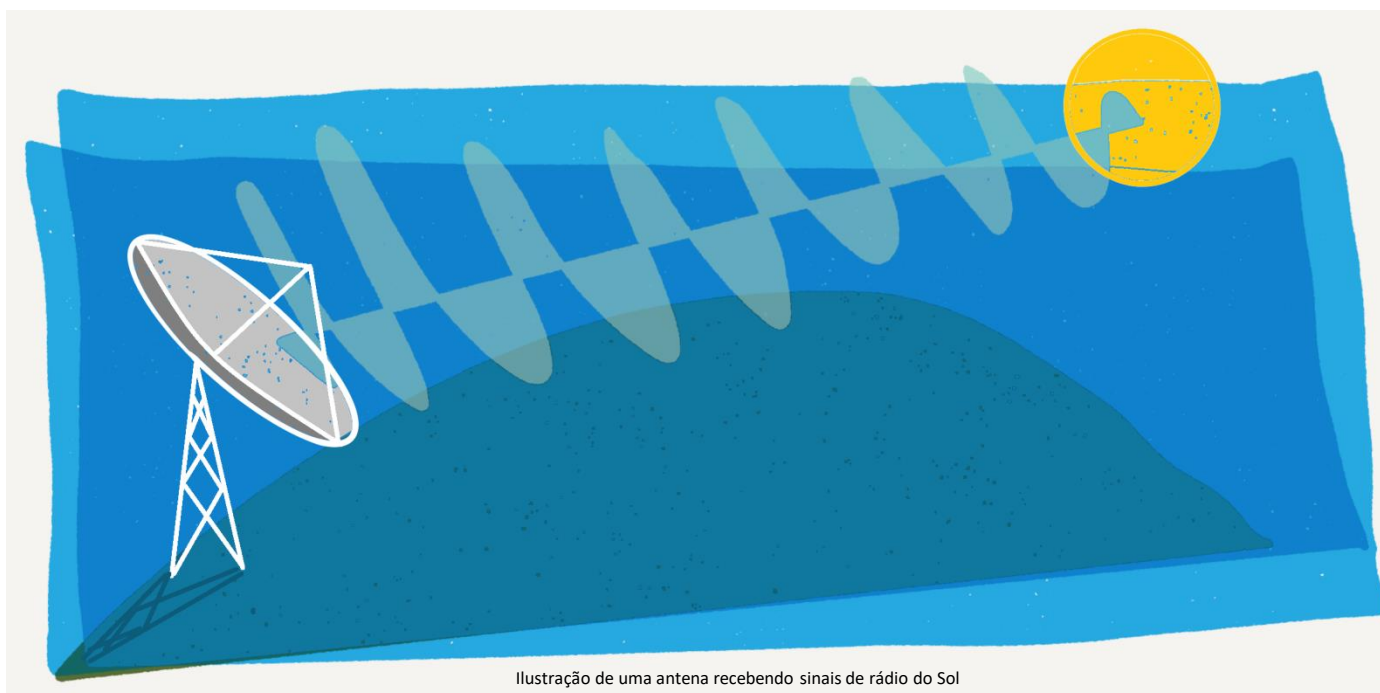


Ilustração de uma antena recebendo sinais de rádio do Sol
Fora de escala

Lista de Materiais

Quadro 2

MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	TOTAL
ANTENA 0,6m - BANDA KU (COM LNB)	1	R\$ 69,00	R\$ 69,00
SATELLITE FINDER ANALÓGICO (SF-95)	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
CABO COAXIAL 75 OHM COM CONECTORES MACHO 1M	2	R\$ 5,00	R\$ 10,00
FIO DE COBRE ESMALTADO 26 AWG	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
CONECTOR P4 F	1	R\$ 0,90	R\$ 0,90
CABO COM PLUG P-2 MACHO/MACHO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
BATERIA 12 V X 7 A (OPCIONAL)	1	R\$ 89,00	R\$ 89,00
FONTE ALIMENTAÇÃO AC/DC 12 V 2 A	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
PLACA CEGA 4X2	1	R\$ 2,20	R\$ 2,20
CAIXA ELÉTRICA 4X2	1	R\$ 9,79	R\$ 9,79
PRANCHA PRATELEIRA 40X25	1	R\$ 31,80	R\$ 31,80
PORCAS	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
PARAFUSOS	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
PÉS PROTETORES ANTIIMPACTO	1	R\$ 13,50	R\$ 13,50
CAIXA ORGANIZADORA	1	R\$ 59,90	R\$ 59,90
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA, 25 W, E27 (OPCIONAL)	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
BOCAL PARA LÂMPADA E27 COM FIO E TOMADA MACHO (OPCIONAL)	1	R\$ 22,00	R\$ 22,00
TOTAL			R\$ 394,49

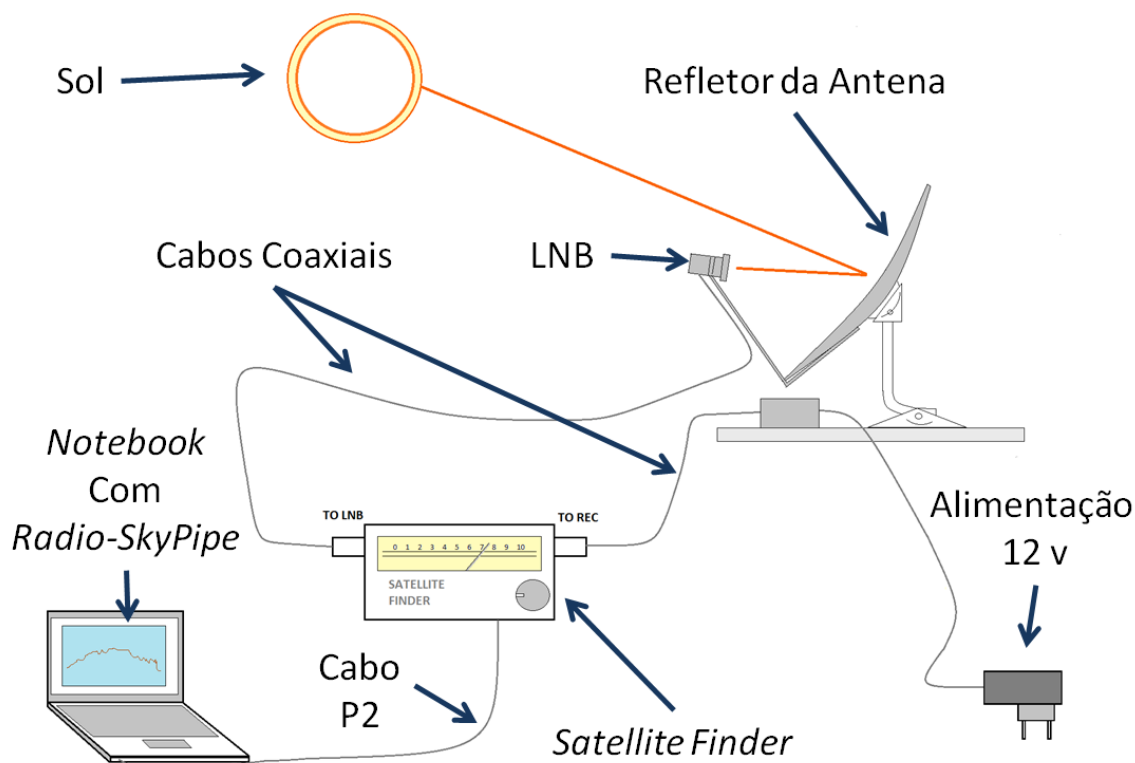
A montagem proposta neste roteiro utiliza suportes de madeira e de PVC, para o receptor. Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

Quadro 3

FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA	1
LÁPIS/CANETA	1

Diagrama Esquemático do Radiotelescópio

Figura 11



Os componentes do radiotelescópio, são interligados conforme Figura 11.

Antena 0,6 m, com LNB, refletor parabólico, suporte do LNB, parafusos e ferragens da estrutura de apoio e apontamento da antena. Esta estrutura também permite os ajustes de azimute, movimentação no plano horizontal, e elevação, movimentação no plano vertical. Pode ser afixado em paredes ou em lajes. Para o radiotelescópio experimental, será montada numa base de madeira;

O cabo coaxial – é constituído por dois condutores, um central e o outro externo que exerce a blindagem elétrica, evitando que sinais externos interfiram no sinal que trafega pelo condutor central. O cabo assegura o acoplamento dos sinais, desde o LNB até as outras unidades do circuito;

Conectores F - permitem a conexão e desconexão dos cabos coaxiais entre os diversos elementos do circuito;

Choque de RF - bloqueia a passagem do sinal de RF entre o *Satellite Finder*, o LNB e a fonte de alimentação, mas permite a passagem da corrente contínua que alimentará o circuito;

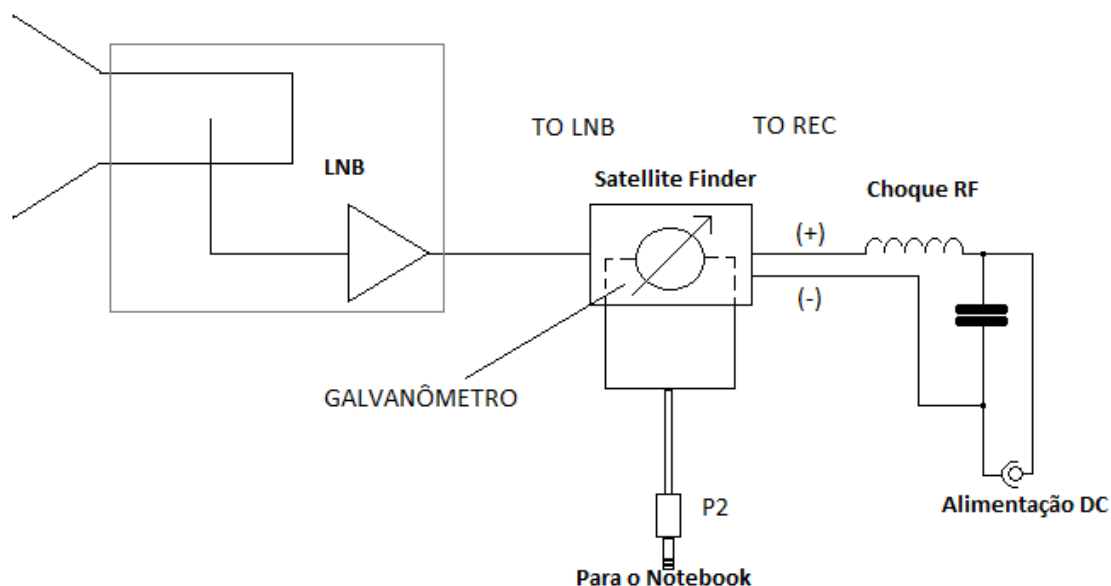
Fonte da alimentação 12 VDC - fornece a tensão e a corrente necessárias ao funcionamento dos circuitos;

Na antena, o refletor parabólico de 0,6 m, com sua superfície metálica, reflete os sinais de RF, concentrando-os num ponto focal onde será instalado o LNB;

O *Low Noise Block* - LNB - recebe o sinal de RF concentrado pela antena, filtra, amplifica e converte a faixa de frequências mais elevada da faixa da Banda Ku (em torno de 14 GHz) para a faixa da Banda L (cerca de 1 GHz). Na Banda L, as frequências trafegam com perdas menores nos cabos coaxiais usados do que o sinal de micro-ondas de frequência mais alta da Banda Ku.

Diagrama Esquemático do Radiotelescópio

Figura 12



Um dos elementos principais do radiotelescópio Banda Ku é o *Satellite Finder*. Interligado entre o *Low Noise Block* - LNB, o bloco amplificador de baixo ruído, e a fonte de alimentação do radiotelescópio experimental, por meio do Choque de RF. O *Satellite Finder* retira uma amostra da frequência que chega em seu conector F "TO LNB" (recebida no LNB), amplificando-a internamente e convertendo a intensidade do sinal de rádio em um nível de tensão que moverá a agulha do medidor analógico – o galvanômetro. O *Satellite Finder* tem ganho de cerca de 20 dB, o que representa um fator de amplificação de 100 vezes.

O valor de tensão que mobiliza o galvanômetro poderá ser interligado à placa de som do *notebook* para a visualização gráfica dos sinais captados pelo LNB, com o programa Radio-SkyPipe.

Como vemos no esquema de interligação, da Figura 12 (fora de escala), o LNB é conectado ao *Satellite Finder* no terminal **TO LNB**. Por sua vez, o outro conector F do *Satellite Finder* (**TO REC**) é conectado à fonte de alimentação DC com outro cabo coaxial. Este cabo é conectado a um choque de RF, constituído por uma bobina, e a fonte de alimentação. De outro modo, o sinal de RF que vem do LNB seria atenuado pelo descasamento de impedância e capacitância da fonte de alimentação.

A derivação do sinal interno do *Satellite Finder* que aciona o galvanômetro é feita com outro cabo - adaptado de plugue P2, macho-macho, do tipo usado em fones de ouvidos, para facilitar sua interligação com a placa de som do *notebook*, quando se optar por usar este recurso.

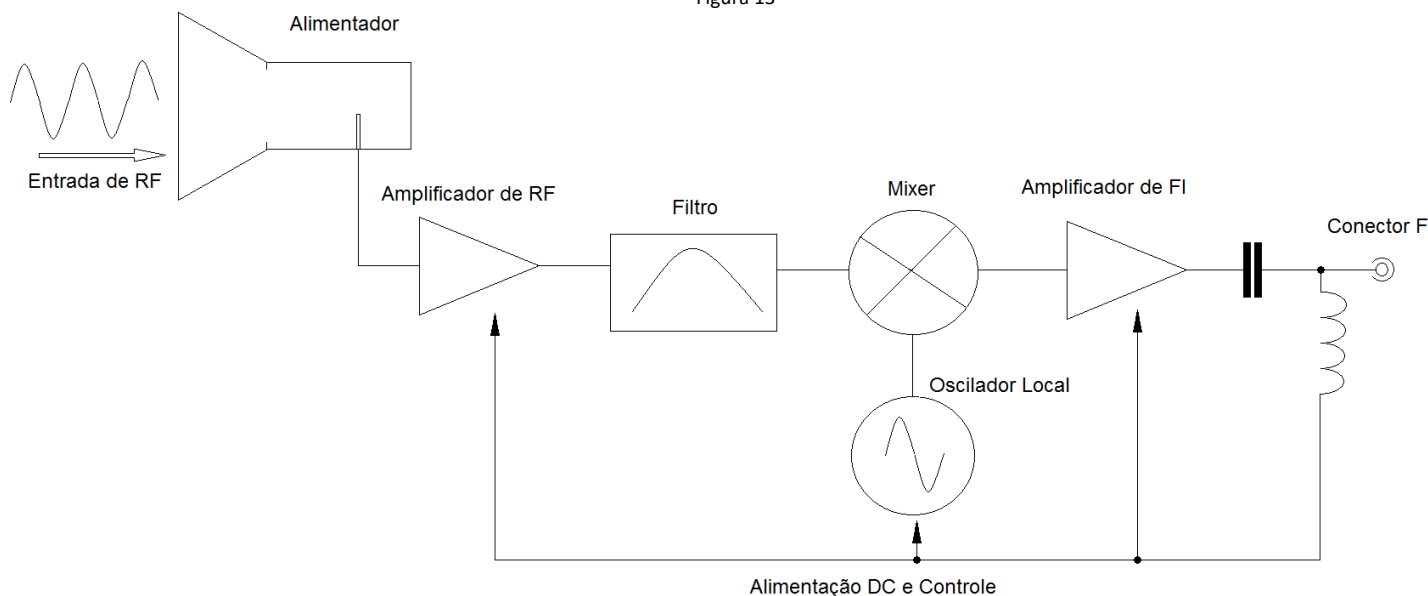
Diagrama de Blocos do LNB

É interessante entendermos um pouco do funcionamento do LNB, Figura 13:

Em termos gerais, o *Low Noise Block* – LNB, é um amplificador de baixo ruído que, além de amplificar o sinal de Radiofrequência – RF, acrescentando o mínimo de ruído ao sinal, na faixa de micro-ondas recebida, também faz uma conversão da faixa de frequências mais altas da Banda Ku para a Banda L, mais baixa, ver valores na Figura 8.

A Banda L, de frequências mais baixas, permite que o sinal seja interligado por meio de cabos coaxiais, o que seria mais difícil com o sinal de micro-ondas, que seria muito atenuado ou exigiria cabos muito caros.

Figura 13



Internamente, a RF é amplificada, filtrada e em um dispositivo denominado Mixer, o sinal original é convertido para frequência mais baixa: um oscilador local gera uma frequência que, ao ser misturada à faixa recebida pela antena, no Mixer, realiza o que se denomina “batimento de frequências” (ocorre quando duas frequências de valores próximos resultam em frequências de outros valores). Neste processo, um sinal de frequência mais baixa é selecionado e amplificado, recebendo a denominação de Frequência Intermediária – FI.

Também existem no LNB circuitos que extraem a alimentação DC do cabo coaxial, pois no mesmo cabo trafega o sinal de FI e a alimentação DC, geralmente na faixa de 12 a 18 V.

Esquema do *Satellite Finder*

Figura 14



Figura 15

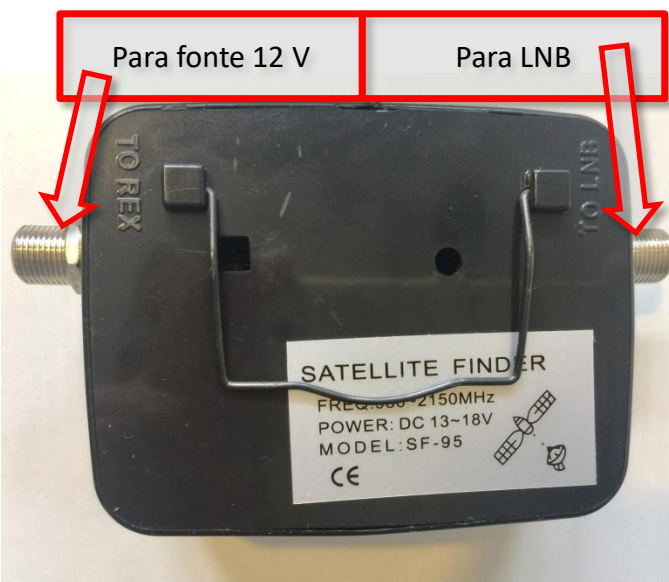


Figura 16

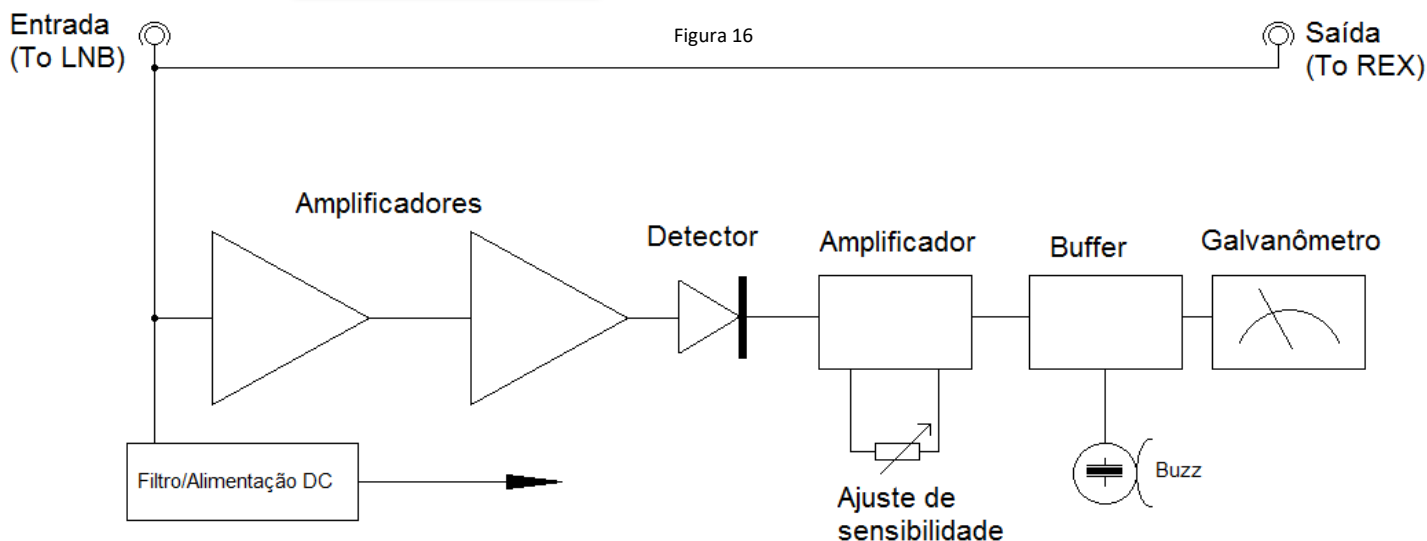


Diagrama simplificado do *Satellite Finder*, Figuras 14, 15 e 16, destacando:

Conexões de entrada (To LNB) e saída (To REX) do sinal que vem do LNB e vai para a fonte de alimentação;

Filtro interno para captar alimentação DC do cabo coaxial;

Amplificadores de RF;

Detector do sinal da Banda L;

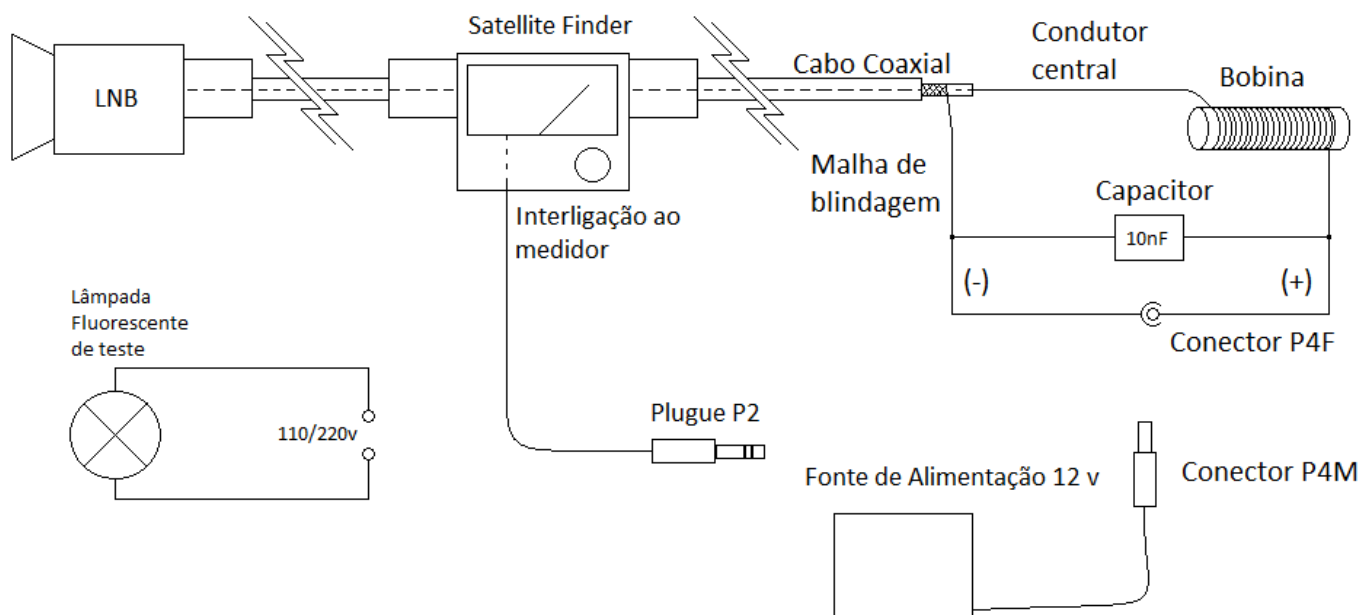
Amplificador e ajuste de sensibilidade;

Buffer, amplificador que aciona o galvanômetro, que exibe os níveis relativos de 1 a 10 (e aciona o alerta sonoro, *Buzz*). O sinal a ser interligado ao *notebook* é retirado dos terminais do medidor.

Interligação elétrica

O LNB é interligado via cabo coaxial com o *Satellite Finder*, no conector TO LNB. No outro conector do *Satellite Finder*, TO REC, será conectado o cabo coaxial para o circuito do Choque de RF, Figura 17, que isola o sinal de RF para que não seja interferido pela fonte de alimentação.

Figura 17



O Choque de RF é uma bobina com cerca de 20 voltas de fio esmaltado em torno de um tubo isolante de 1 cm de diâmetro. Num dos lados esta bobina é interligada com solda ao condutor central do cabo coaxial. No outro lado da bobina, interliga-se o capacitor cerâmico de 10 nF x 100 v (opcional) e o conector central do conector P4F (esta interligação deve ser de acordo com a polarização adotada pelo conector P4 da fonte de alimentação usada, um modelo de 12 v, na Figura 20), de modo que o polo positivo da fonte seja interligado ao fio central do cabo coaxial;

O capacitor melhora a filtragem de sinais espúrios no Choque de RF. Pode-se realizar testes com e sem a sua utilização. O outro terminal do capacitor é ligado ao negativo da fonte, que também deve ser interligada à malha externa do cabo coaxial, Figura 17. A fonte de alimentação pode ser uma bateria de 12 v, se o radiotelescópio for usado em campo.

A lâmpada fluorescente de teste é opcional, um circuito simples com fios interligados ao bocal e a uma tomada macho.

Preparação dos Materiais

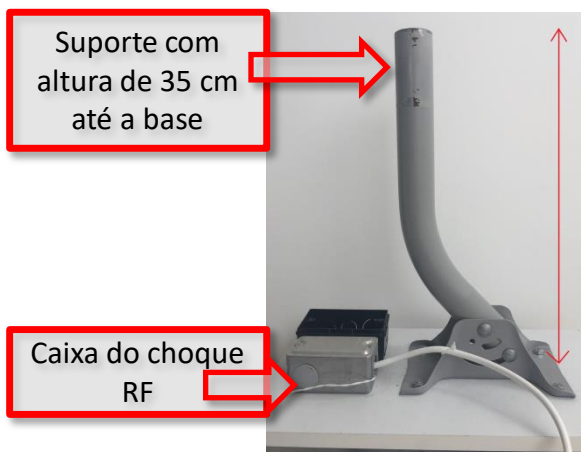
Separar os materiais e ferramentas. Sugerimos o início da montagem com a preparação da base do radiotelescópio. Nesta base ficará apoiado o tubo de suporte da antena, com sua base articulada.

Marcar e furar o local dos furos do suporte da antena e da caixa (metálica) onde ficará o Choque de RF, Figura 18. Opcionalmente, poderá ser instalada outra caixa plástica ao lado para apoiar o *Satellite Finder*.

Figura 18



Figura 19



Será necessário serrar o tubo de suporte da antena para que a sua altura, quando montado, seja de 35 cm, aproximadamente, para que a base de madeira se estabilize com o peso do refletor, Figura 19.

Figura 20



Figura 21



Após serrar o tubo suporte, onde o refletor fica apoiado, na altura de 35 cm até a base, aproximadamente, lixar as rebarbas para que a movimentação do azimute da antena seja relativamente livre, Figura 21.

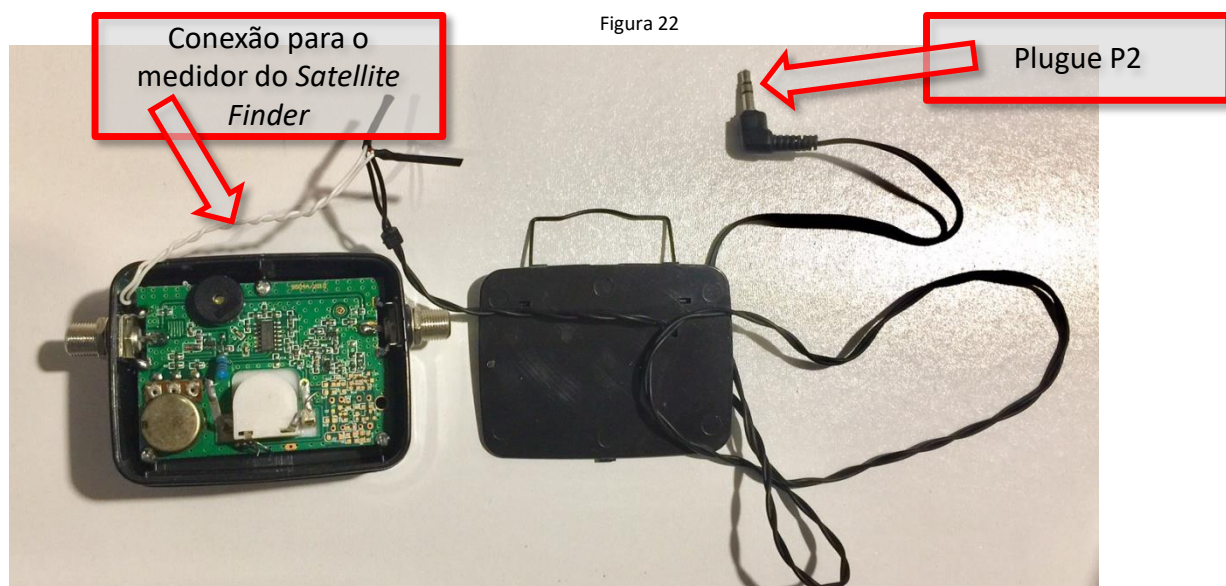


Figura 22



Figura 23

Utilizar um cabo com plugue P2 e interligar a sua fiação em paralelo com o medidor do *Satellite Finder*, Figura 22.

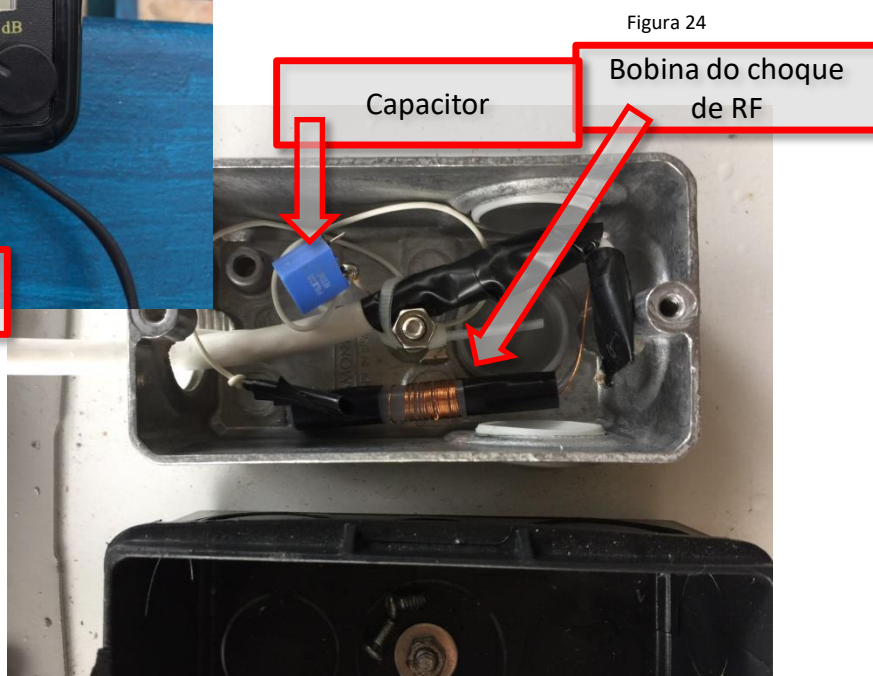


Figura 24

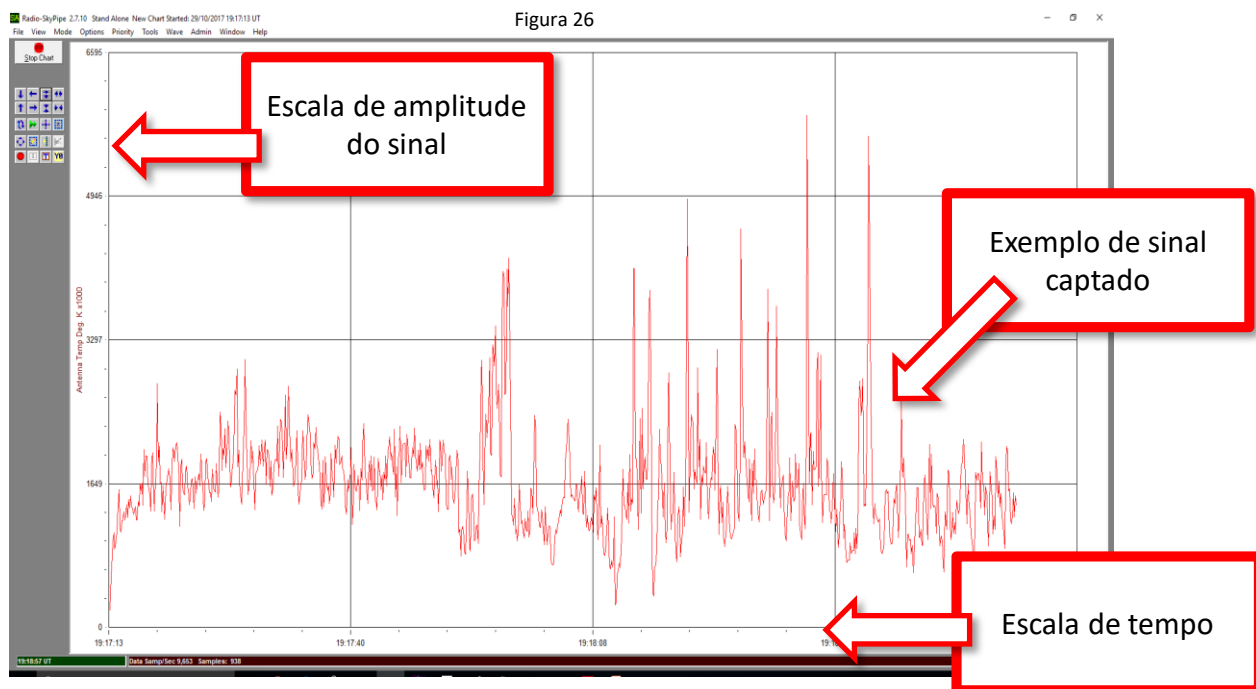
O outro lado do cabo coaxial que é interligado no conector TO REC é a conexão à fonte de alimentação via bobina do choque de RF, que foi instalada em uma caixa, Figura 24.

O SOFTWARE *RADIO-SKY PIPE*

Figura 25



Figura 26

**RadioSky-Pipe**

Com este *software* o sinal elétrico recebido na entrada de microfone da placa de som do *notebook* é convertido em um gráfico de intensidade e tempo. Permite analisar a forma de onda do sinal elétrico presente e é útil para registrar as intensidades relativas dos sinais e o tempo em que ocorreram. Também pode gravar o sinal de áudio relacionado ao sinal elétrico captado.

Tanto o gráfico como a gravação do áudio do sinal elétrico podem ser salvos e analisados em outro momento. O sinal elétrico captado na bobina é muito fraco e a escala do gráfico deve ser ajustada: "Decrease Y Chart Span" ou "Increase Y Chart Span".

Testes de Funcionamento

Em bancada, testar o funcionamento do radiotelescópio.

Conferir as interligações elétricas, verificar curtos-circuitos ou soldas frias;

Conferir todas as conexões e polaridades (+/-) das ligações;

Conferir os parafusos de ajustes;

Ajustar o controle de sensibilidade do *Satellite Finder* para o mínimo;

Ligar a fonte de alimentação

Ajustar o controle de sensibilidade do *Satellite Finder* para um valor em torno de duas divisões;

Um dos primeiros testes que podem ser realizados é verificar a recepção de emissões térmicas.

Aproxime sua mão do alimentador e verifique se ocorre elevação do nível;

A antena em teste em campo, alimentada por bateria 12 v, Figura 27.

Figura 27



OBSERVAÇÃO: foi utilizada a antena do tipo *Off-set* nesta montagem, que possui ângulo de apontamento ligeiramente deslocado. Deve-se familiarizar-se com esta característica para que o apontamento esteja correto.

Aponte a antena para alguma lâmpada fluorescente no local, ou montar o circuito de teste da Figura 17, verifique a variação do nível quando aproximar a lâmpada do alimentador. **A Interligação com a rede elétrica deve ser realizada pelo professor.**

Opcionalmente, testar o radiotelescópio interligado ao *notebook* com o programa *Radio-SkyPipe* iniciado, usando o plugue P2, cujos fios também estão ligados ao galvanômetro do *Satellite Finder*, Figura 22. A escala do programa deve ser ajustada assim exibirá adequadamente, no gráfico intensidade x tempo, qualquer variação de sinal do medidor;

ÁREA EXTERNA

Apontar o radiotelescópio para o céu desobstruído e ajustar o nível do *Satellite Finder* para o valor mínimo – esta seria uma referência de nível mínimo. Ao apontar para alguma estrutura ou árvore, verificar se aumenta o nível. Se aumentar, o radiotelescópio já está captando emissões térmicas locais. Pode-se ajustar a sensibilidade de acordo com a fonte pesquisada.

Localizar o Sol e apontar a antena. **Não olhar diretamente para o Sol;**

Perceber a influência de estruturas como prédios e árvores no sinal captado ao apontar a antena para estes objetos.

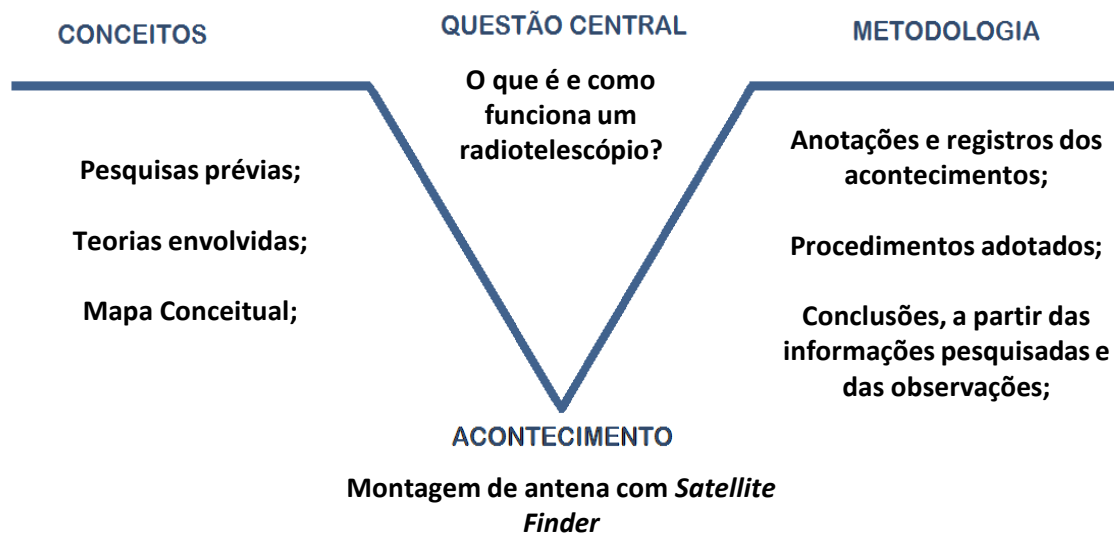
Procedimento Experimental

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 28



Após os primeiros testes realizados, o professor e os estudantes podem estabelecer uma rotina de observações diárias do Sol com a antena e o *satélite finder*. A antena pode, por exemplo, ser montada em um local fixo – apontada para o local onde interceptará o plano da eclíptica – em que o Sol aparentemente se move diariamente. Satélites geoestacionários que transmitam na faixa de recepção da antena também podem ser usados como objetos didáticos. Para o apontamento da antena, é necessário saber onde ela está localizada na Terra e para onde apontará no céu.

Os estudantes poderão ter contato com os seguintes aspectos:

Geografia; coordenadas e mapas; Noções de elementos fundamentais da esfera celeste (polo celeste; equador celeste; paralelo celeste; círculo horário ou declinação; eclíptica; trópicos celestes; zodíaco); Noções de funcionamento da antena parabólica, com e sem *offset*; Eletromagnetismo – propagação das ondas de rádio no espaço livre; Cálculo simplificado de um enlace de rádio via satélite; TIC e inglês, para pesquisas na internet, ou outros conteúdos, de acordo com o professor.

Apontar a antena para o céu e ajustar o *satellite Finder*, para próximo ao mínimo (sem acionar o *buzzer*).

O que acontece quando apontamos a antena para algum objeto e ajustamos a sensibilidade do *Satellite Finder*?

Por que?

Interligar o cabo P2 ao *notebook*, com o *software Radio-SkyPipe*, executar os comandos “Go StartChart” e clicar em “Y0” para exibir o gráfico em tempo real. Ajustar também os comandos “Increase Y Chart Span” ou “Decrease Y Chart Span”, para visualizar o gráfico com a escala apropriada;

O que o gráfico de recepção no *notebook* representa?

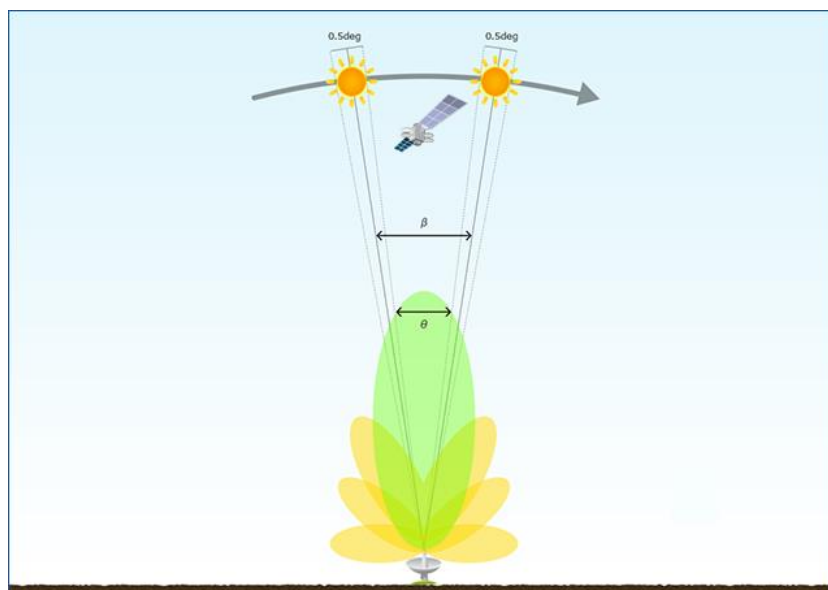
Caso não seja possível utilizar o *notebook* e o programa *Radio-SkyPipe*, é possível construir tabela com os níveis captados no medidor do *Satellite Finder*, a cada 30 segundos e construir uma tabela e um gráfico:

[illegible]

ATENÇÃO: Ao efetuar observações solares, nunca olhar diretamente para o Sol

As antenas possuem um diagrama de irradiação que representa a sua irradiação no espaço (em relação a coordenadas), para transmissão e a região espacial para apontamento na recepção dos sinais. Exemplo na figura:

Figura 29



Crédito imagem: <http://www.jsat.net/en/sun-interference.html>

A temperatura equivalente do céu é de 3 K, da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas;

A temperatura da superfície da Terra é em torno de 300 K e a dos Sol é cerca de 6000 K.

Como o Sol aparenta dimensão angular de $0,5^\circ$ e a Terra, muito mais próxima, ocupa grande área, o nível do Sol, comparativamente poderá parecer menor.

O lóbulos da antena Banda Ku é de aproximadamente 3° , logo, para captar o Sol este deve ser percebido pela antena nesta região do lóbulos, ver Figura 29.

Exemplo:

A Terra gira 360° em 24 h, o que é equivalente a 15° por hora ($360^\circ/24=15^\circ$);

15° por hora, são $0,25^\circ$ por minuto ($15^\circ/60=0,25^\circ$);

Se o Sol leva 10 minutos, com seu movimento aparente no céu, para entrar e sair do diagrama de irradiação de uma antena hipotética, então a largura de feixe máxima da antena é de $2,5^\circ$.

Outras abordagens:

O sinal captado pela antena está sujeito a diversas interferências locais. Liste algumas delas e explique porque acontecem.

Ao captar o sinal do *Satélite Finder*, no ponto do circuito em que está o *Buzzer* (buzina), qual a principal desvantagem deste método?

Qual a alternativa para digitalizar o sinal captado no *Satellite Finder*?

Considerando-se que um radiotelescópio trabalha em faixas de frequência específicas de observação, imagine o radiotelescópio experimental montado possuir a sensibilidade necessária para que fosse possível observar certos fenômenos astronômicos. Qual das emissões listadas abaixo seria a mais indicada a ser observada, considerando-se a faixa de frequência de recepção da Banda Ku, na antena terrestre?

Moléculas de hidrogênio que emitem sinais de rádio na faixa de 1,25 e 1,35 mm;

Emissões de Júpiter na faixa de 20,1 MHz;

Emissões do hidrogênio neutro presente no meio interestelar da galáxia, com a linha de emissão típica de 21,11 cm;

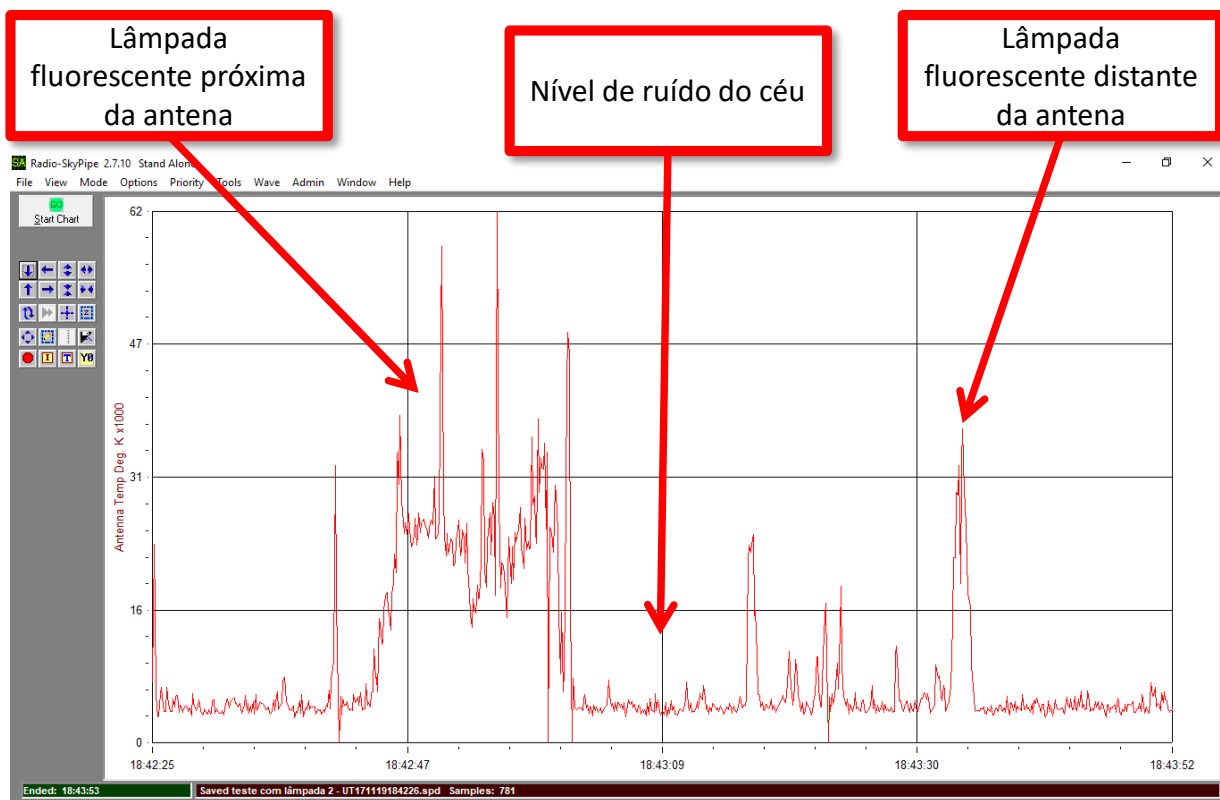
Emissões térmicas de objetos como o Sol e a Lua.

Interferência	Motivo

Abaixo, comparação dos sinais captados, ruído normal e estrutura de prédio.



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*

Nesta captura de tela, algumas simulações utilizando lâmpada fluorescente e comparando o sinal de ruído mínimo captado pela antena no ambiente de teste ao apontar para o céu e o aumento do ruído com a lâmpada próxima à antena.

O ruído à distância foi mais difícil de atingir o foco da antena, mas a intensidade não diminuiu significativamente.

Material de Leitura:

FERNANDES, K. C. **Construção de um radiotelescópio amador em microondas 12 ghz, dotado de um sistema automático de aquisição de dados.** UCB, 2007. Disponível em:
<http://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/2%C2%BA2007/TCCkley2007.pdf>

Rádio Telescópio, de Kepler de Souza Oliveira Filho :
<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node3.htm>

“Building and Using an Itty Bitty Telescope”:
<http://www.gb.nrao.edu/epo/ibt.shtml>

Instruções (em inglês):
<http://www.gb.nrao.edu/epo/ambassadors/ibtmanualshort.pdf>

Diagrama elétrico do Satellite Finder:
<http://radiotelescopeamateur.e-monsite.com/pages/b-avec-le-materiel/1-modification-satfinder.html>

Programa de computador para coleta de dados - “RadioSky-Pipe” – disponível em:
<http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Plátano. 2003.
- BRASIL. **PCN+: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>
- BURKE, B. F.; GRAHAM-SMITH, F. **An introduction to radio astronomy**. Second edition. Cambridge University Press. 2002
- BURNELL BELL, J. S. **Little Green Men, White Dwarfs or Pulsars?** Cosmic Search: Issue 1, (Volume 1 Number 1; January 1979). Disponível em (a partir da página 16 do arquivo pdf): <http://www.bigear.org/CSMO/PDF/CS01/cs01all.pdf>
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. LTC, 2016. 2ª edição.
- FAHIE, J. J. **A History of Wireless Telegraphy (2nd edition, revised)**, 1901, pages 176-261.
- FLAGG, R. S. **Listening to Jupiter: A Guide for the Amateur Radio Astronomer**. Second Edition. Radio-Sky Publishing. 2005.
- GILLISPIE, C. C. **Dicionário de biografias científicas**. Contraponto, 2007.
- ITU-R. **Recommendation ITU-R RA.314-10**. Preferred frequency bands for radio astronomical measurements. Disponível em: < https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/ra/R-REC-RA.314-10-200306-I!!PDF-E.pdf >.
- IVANISSEVICH, A.; WUENSHE, C. A.; ROCHA, J. F. V. **Astronomia Hoje**. 2010. Editora CNPQ.
- KELLERMANN, K. I. **Grote Reber's Observations on Cosmic Static**. Astrophysical Journal, Centennial Issue, Vol. 525C, p. 371-372. 1999. Disponível em < <http://adsabs.harvard.edu/full/1999ApJ...525C.371K> >. Acesso em 28/03/2017.
- LASHLEY, J. **The radio sky: and how to observe it**. Springer. 2010.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa – A teoria de David Ausubel**. Centauro. 2011.
- NOVAK, J. D. **Uma Teoria da Educação**. Biblioteca pioneira de Ciências Sociais. 1981.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Plátano Edições Técnicas. 1984.
- RADIO JOVE. **Observing Jupiter Radio Storms: Past, Present, and Future**. Disponível em: <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/class/educ/jupiter/emission/material/cmlio.htm>
- SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Princípios de Física, Volume 3: Eletromagnetismo**. São Paulo. Trilha. 2014.
- THIEMAN, J. e outros. **Radio JOVE Educational Activities and Lesson Plans**. 2001. NASA. Disponível em: http://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/lesson_plans/lesson_toc.htm.
- UC BERKELEY. **The Universe Adventure. Cosmic Microwave Background Radiation**. Disponível em: http://www.universeadventure.org/big_bang/cmb-discovery.htm
- VILLELA, T.; FERREIRA, I.; WUENSCH, C. A.. **Cosmologia observacional: a radiação cósmica de fundo em micro-ondas**. REVISTA USP, São Paulo, n.62, p. 104-115, junho/agosto 2004. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13346/15164> >.
- WILSON, T. L.; ROHLFS, K. R.; HÜTTEMEISTER, S. **Tools of Radio Astronomy**. Springer, Sixth Edition. 2013.
- ZHELEZNYAKOV, V. V. **Radio Emission of the sun and planets**. Pergamon Press. 1970. Disponível em: <<https://archive.org/details/RadioEmissionOfTheSunPlanets>>