

**Comissão Especial de Astronomia  
do  
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT**

**Relatório da Subcomissão de Radioastronomia**

**elaborado por:**

**Carlos Alexandre Wuensche de Souza – INPE**

**Carlos Guillermo Giménez de Castro – MACKENZIE**

**Jacques Raymond Daniel Lépine – USP**

**Joaquim Eduardo Rezende Costa – INPE**

**José Roberto Cecatto – INPE**

**José Williams dos Santos Vilas Boas – INPE**

**Oswaldo Duarte Miranda (Relator) – INPE**

**Pierre Kaufmann – MACKENZIE**

## 1- Resumo deste Relatório e Algumas Considerações Preliminares

O relatório elaborado por esta Subcomissão é fruto da análise dos “white papers” encaminhados à Comissão Especial de Astronomia – CEA do MCT e das discussões que nós, Subcomissão, realizamos no intuito de situar essa área da astronomia como estratégica para o desenvolvimento, não só científico mas também tecnológico, do País.

Ao longo deste trabalho, esta Subcomissão considerou a palavra “Radioastronomia” em sentido amplo; englobando a física solar e clima espacial, a radioastronomia “clássica” e a cosmologia teórica/observacional desenvolvida através das ondas rádio.

Esta Subcomissão entende que além de poder contribuir para a pesquisa básica (desenvolvimento científico) em física/astrofísica, com projetos de grande impacto, a Radioastronomia terá um papel fundamental para o desenvolvimento tecnológico do Brasil.

Importante destacar que além de poder complementar os estudos de objetos astrofísicos em outras bandas eletromagnéticas (como no Óptico e no Infravermelho), a Radioastronomia configura-se numa via de contribuir com “áreas não eletromagnéticas” como, por exemplo, a “Astrofísica de Ondas Gravitacionais” no estudo da emissão, dessas ondas, por sistemas binários formados por pulsares e no desenvolvimento de instrumentação científica que seja comum à essas áreas (osciladores, amplificadores de baixo ruído de fase e cavidades ressonantes em micro-ondas são também utilizados nos experimentos, e detectores, de ondas gravitacionais).

O desenvolvimento de instrumentação de alto nível para pesquisa em Radioastronomia (amplificadores, conversores de frequência, fontes de ruído, cavidades ressonantes, guias de onda, etc.) tornam a Radioastronomia importante não só para outras áreas da astronomia (como a Astrofísica de Ondas Gravitacionais citada acima), mas também para o desenvolvimento de empresas de alta tecnologia nas áreas de telecomunicações e de defesa.

Considerando a interface e os benefícios não só científicos mas tecnológicos, e de inovação, que a Radioastronomia poderá dar ao País, nós podemos dizer que uma grande fração da atual comunidade astronômica brasileira (radioastrônomos, astrofísicos de ondas gravitacionais, cosmólogos teóricos e observacionais e outros) seria beneficiada pelos projetos e investimentos apresentados neste relatório. Incluindo as aplicações voltadas para o “Clima Espacial”, os investimentos aqui propostos também contemplariam uma fração significativa de pesquisadores das áreas de Geofísica Espacial e Aeronômica. A geração de empregos, no País, não só em Universidades e Institutos de Pesquisa mas também em empresas de alta tecnologia (telecomunicações e defesa) seria uma outra consequência direta dos projetos e investimentos aqui propostos. Merece destaque também o fato de que parte dessa tecnologia pode ser implantada em regiões menos desenvolvidas do País.

Para atingir os objetivos que estão descritos ao longo deste relatório, essa Subcomissão propõe a participação brasileira em dois grandes projetos de cooperação internacional: o LLAMA (Long Latin American Millimeter Array) e o MeerKAT-Brasil. Este último poderá nos inserir dentro do Square Kilometre Array (SKA). Além desses projetos, é necessário criar uma estrutura que congregue e mantenha em operação os grandes projetos radioastronômicos que estão em atividade no Brasil. Essa estrutura, que chamamos de

Laboratório Nacional de Radioastronomia (LNR), poderia ser criada a partir da estrutura já existente nas Unidades de Pesquisa do próprio MCT. Isso reduziria enormemente os custos para sua implantação e permitiria uma concentração de esforços para crescimento da área de Radioastronomia no Brasil, além de acompanhar, e gerenciar, os projetos internacionais com participação brasileira. O LNR também atuaria como um desenvolvedor de instrumentação científica de alto nível.

Vale destacar que diversos países possuem uma estrutura de apoio, para a pesquisa em Radioastronomia, similar a que estamos propondo para o LNR. Alguns exemplos são: NRAO (Estados Unidos), Max Plank Institut für Radioastronomie (Alemanha), IRAM (França/Alemanha), NCRA (Índia), ATNF (Austrália), ASTRON (Holanda) e o IAR (Argentina).

O investimento necessário para implementar esses projetos, e colaborações nacionais/internacionais, seria da ordem de US\$ 39 milhões em cinco anos. Contudo, é importante destacar que o retorno desse investimento através da geração de empregos no País, desenvolvimento de áreas estratégicas para o Brasil como telecomunicações e defesa, além da ciência básica que poderá ser feita tornam esse investimento pequeno diante do retorno social, tecnológico e de inovação que o País poderá obter a partir da Radioastronomia.

**Destacamos também que todas as conclusões e propostas que estão apresentadas neste relatório são fruto de consenso dentro desta Subcomissão.**

## **2 - A Importância da Radioastronomia para o Brasil: Aporte Tecnológico, Social, Econômico e de Defesa**

A radioastronomia, uma área de interface entre astronomia e engenharia que floresceu na segunda metade do século XX, é responsável pela descoberta das estrelas de nêutrons, da radiação cósmica de fundo em micro-ondas, pela estimativa da massa das galáxias, pelo estudo das nuvens moleculares interestelares, pelo entendimento parcial da complexa química orgânica dessas nuvens e das regiões de formação de sistemas solares, o que tem motivado a busca de vida em outros lugares do Universo. Objetos invisíveis aos telescópios ópticos, como as emissões da grande maioria das substâncias químicas, restos de supernovas do plano galáctico e o buraco negro situado no centro de nossa Galáxia, são bem conhecidos devido às observações em rádio. Finalmente, o estudo da atividade solar e de seus efeitos na Terra, dentro do que hoje conhecemos como *clima espacial*, seria impossível sem observações radioastronômicas.

A faixa de frequências coberta pela radioastronomia representa a maior “janela de observação” através da qual é possível estudar fenômenos do Universo a partir da superfície terrestre. Além disso, as descobertas radioastronômicas têm um forte impacto na sociedade porque elas buscam respostas para perguntas fundamentais da humanidade, tais como “Qual é a origem e o destino do Universo?”, “Estamos sós ou existem outras civilizações?”

A radioastronomia é uma área de ciência muito próxima dos desenvolvimentos tecnológicos das sociedades modernas, exatamente por trabalhar com instrumentação que faz uso de receptores e transmissores empregados em várias áreas do conhecimento, principalmente nas telecomunicações e a eletrônica em geral. Em função da necessidade de receptores mais sensíveis, de estruturas mecânicas com alta estabilidade, de antenas de grande porte operando em frequências cada vez mais altas, da necessidade de maiores resoluções espectrais e de sistemas confiáveis de transferência de dados há um grande estímulo a alguns setores produtivos, gerando benefícios dentre os quais estão:

- 1) componentes semicondutores para confecção de amplificadores, conversores de frequência e detectores bolométricos de altíssima performance, além de outros componentes para a pesquisa e aplicações em telecomunicação;
- 2) arranjos de detectores focais para imageamento rápido que constituem uma fronteira tecnológica mundial para a radioastronomia e segurança;
- 3) fibras ópticas com taxas de transferência de dezenas de Gbps;
- 4) mecânica de precisão;
- 5) materiais compostos;
- 6) técnicas de holografia para ajustamento preciso de painéis. O desenvolvimento dessas tecnologias é de importância estratégica para segurança pública, defesa (como radares, sistemas de rastreamento, entre outros), telecomunicações e também para o estudo e previsões do clima espacial.

### 3 - O Cenário Internacional

A partir da década de 1950 grandes radiotelescópios foram construídos e tidos como símbolos das nações que os abrigaram: Arecibo (305m, Porto Rico), Green Bank (110m, EUA), Nançay (plano de 200m por 40m, França), RATAN 600 (Rússia), Effelsberg (100m, Alemanha), Parkes (64m, Austrália) e Nobeyama (45m, Japão). O desenvolvimento das técnicas de interferometria resultou em uma grande evolução para a radioastronomia. Esse é o caso, por exemplo, do **Very Large Array (VLA)**, formado por 27 antenas de 25m de diâmetro numa extensão máxima de 21km, EUA. Outros exemplos são o do **Giant Meterwavelength Radio Telescope (GMRT)** na Índia, formado por 30 antenas de 45m, e do **Australian Telescope Compact Array (ATCA)** na Austrália, formado por 6 antenas de 22m. Atualmente é possível fazer interferometria em frequências acima de 100GHz, como no **Institut de Radio Astronomie Millimétrique (IRAM)** na França, formado por 6 antenas de 15m separadas por até centenas de metros. A mesma técnica também é utilizada para fazer interferometria de linha de base muito longa (cuja sigla em inglês é VLBI). Esse é o caso, por exemplo, do **Very Long Baseline Array (VLBA)**, formado por um conjunto de 10 antenas de 25m de diâmetro espalhadas no território norte-americano, no Havaí e nas Ilhas Virgens. Outro exemplo, é o **European VLBI Network (EVN)**, que interliga radiotelescópios espalhados pela Europa, Rússia e África do Sul. Finalmente, para ter resoluções espaciais ainda maiores é feita interferometria utilizando-se instrumentos a bordo de satélites como é o caso do **VLBI Space Observatory Program (VSOP)**.

Em função da necessidade de observar objetos de brilho cada vez mais baixo e de explorar detalhes das fontes de radiação, tornou-se necessário aumentar a área coletora dos radiotelescópios, melhorar a resolução espacial desses instrumentos, desenvolver novas tecnologias, tais como arranjos focais e receptores de baixíssimas figuras de ruído e altos ganhos. Nos últimos 15 anos, para alcançar esses objetivos e fazer face aos custos elevados de grandes projetos, foram estabelecidas colaborações internacionais e consórcios envolvendo vários países. Exemplos dessas iniciativas são o **Atacama Large Millimeter Array (ALMA)**, o **LOW Frequency ARray (LOFAR)** e o **Square Kilometre Array (SKA)**. A seguir, descrevemos com mais detalhes os instrumentos SKA e ALMA.

**SQUARE KILOMETRE ARRAY (SKA).** Este deverá ser o maior radiotelescópio do século XXI e os resultados a serem obtidos abrirão novas janelas para a compreensão de muitas questões entre elas:

- 1) evolução das galáxias e grandes estruturas cósmicas;
- 2) observação do Universo primordial, primeiros buracos negros e estrelas;
- 3) teste da gravitação relativística usando pulsares e buracos negros;
- 4) origem e evolução do magnetismo cósmico;
- 5) a busca por berçários de vida no Universo. O SKA será um interferômetro operando na faixa de 100MHz a 25GHz com área equivalente de 1km quadrado e níveis de sensibilidade mais de 40 vezes melhores que aqueles alcançados pelo VLA.

Para desenvolver o projeto, foi criado um consórcio internacional cujos membros atuais são: EUA, Europa, Canadá, Nova Zelândia, Austrália e África do Sul. Atualmente, apenas

Austrália e África do Sul são candidatos a sítio desse projeto. A tecnologia a ser utilizada pelo SKA ainda não está completamente definida. Projetos de menor porte, chamados de *pathfinders*, são usados como testes: a Austrália está construindo o *Australian Square Kilometre Array Pathfinder* (ASKAP), enquanto que a África do Sul o MeerKAT. O sítio definitivo deverá ser definido entre 2011 e 2012. A primeira fase do SKA será concluída em 2018 e sua implantação final em 2022.

**ATACAMA LARGE MILLIMETER/SUBMILLIMETER ARRAY (ALMA)** é uma colaboração entre EUA, Europa, Chile e Japão para a construção do maior interferômetro atual na banda de 30GHz a 1THz. Serão 50 antenas de 12m de diâmetro mais 12 antenas de 7m, com linha de base máxima de 16km. Todas elas terão precisão de superfície melhor que 25 microns, equipadas com receptores resfriados a 4K e processamento digital dos sinais. Para minimizar os efeitos da atmosfera nestas frequências, o arranjo está sendo instalado a 5.000m de altitude, no planalto chileno de Atacama. Os resultados científicos a serem obtidos com esse instrumento, da mesma forma que o SKA, deverão abrir novas janelas para o entendimento de muitas questões fundamentais:

- 1) mapeamento do gás e a poeira da Via Láctea e outras galáxias;
- 2) investigação da origem das galáxias no universo primordial e das primeiras populações de estrelas no universo;
- 3) revelação de detalhes sobre a física e a química dos processos que levaram à formação de sistemas planetários;
- 4) estudos das propriedades de corpos do sistema solar como cometas, planetas, luas e o vento solar. O ALMA é um instrumento multi-propósito que abrange todos os aspectos da radioastronomia. As primeiras observações com o ALMA acontecerão em 2011 com data de inauguração prevista para 2012.

## **4 - Instrumentos e Competências Existentes no País**

### **4.1 - Histórico da Radioastronomia Brasileira**

Nos anos 70, enquanto a maior parte do mundo trabalhava na faixa de 21cm, foi instalada uma antena de 14m no Rádio Observatório do Itapetinga (ROI), Atibaia, São Paulo. Esse foi o primeiro radiotelescópio no hemisfério sul capaz de observar em comprimentos de onda centimétricos/milimétricos. Nos anos 80 foi construído um arranjo focal de cinco receptores, pioneiro na física solar, operando em 48GHz, um espectroscópio centimétrico de varredura operando entre 18 e 23GHz e analisadores espectrais acusto-ópticos. Nos anos 90, em associação com a NASA, foi instalado em Euzébio, Ceará, um terminal para integrar uma rede internacional de VLBI para aplicações geodésicas. Também foi instalado um espectroscópio decimétrico em São José dos Campos, SP. Em meados dos anos 90 teve início o desenvolvimento do **Brazilian Decimetric Array (BDA)**, o primeiro interferômetro brasileiro. Suas características o tornam um instrumento único para observação solar, recebendo apoio da FAPESP, MCT e CNPq. No final dos anos 1990 foi instalado o **Solar Submillimeter Telescope (SST)** nos Andes Argentinos, equipado com arranjo focal operando em frequências acima de 200GHz.

## 4.2 - Instrumentos Existentes

**1) A Antena de 14 m do Rádio Observatório do Itapetinga (Atibaia, SP).** Esta antena pode operar na faixa de 18GHz a 90GHz, com um histórico de importantes descobertas em áreas tão diferentes como Astronomia Galáctica, Extragaláctica e a Física Solar. Esse laboratório de pesquisa foi o berço de praticamente toda a competência em radioastronomia instalada no País. Ela é competitiva em algumas áreas de pesquisa, frente aos instrumentos disponíveis para o céu do hemisfério Sul. Telescópios de igual área coletora ainda estão sendo construídos em outros países, porém contando com novos receptores e tecnologias que os tornam únicos em suas pesquisas. Além disto, a antena do ROI tem o potencial de ser usada para VLBI, como aconteceu no passado. Para otimizar sua utilização essa antena deve ser equipada com radiômetros modernos tanto para linhas espectrais, quanto para o contínuo. A dificuldade de atualização de sua instrumentação está relacionada com problemas de gestão, investimentos e sério déficit de tecnólogos e operadores.

**2) Brazilian Decimetric Array (Cachoeira Paulista, SP).** Interferômetro em fase de implantação, atualmente equipado com 26 antenas de 4m de diâmetro operando na banda de 1,2 -1,7GHz. Conta com a participação de várias instituições internacionais e nacionais. Quando concluída a última fase, o BDA deverá operar com 38 antenas na banda 1,2-5,6 GHz com resolução de até 5'' x 9'' de arco. Nesta fase também será possível estudar fontes galáticas e extra-galáticas além da pesquisa solar com alta resolução espacial e sensibilidade.

**3) Rádio Observatório Espacial do Nordeste (Eusébio, CE).** Em cooperação com a NASA (EUA), conta com uma antena de 14,2m de diâmetro capaz de realizar observações até 20GHz. Faz parte da Rede de VLBI geodésico internacional, tem conexão a Internet de 1 Gbps que lhe permite trabalhar em modo e-VLBI e um staff técnico qualificado. Pode ser integrado a experimentos de VLBI radioastronômicos e não apenas geodésicos.

**4) Solar Submillimeter Telescope (San Juan, Argentina).** Antena de 1,5m de diâmetro com receptores nas bandas de 212 e 405GHz projetados especificamente para a observação solar. No Brasil é administrado pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (São Paulo). O SST opera desde 1999 de forma rotineira em função dos desenvolvimentos realizados na área de controle que permitem operação via Internet.

**5) Brazilian Solar Spectroscop (Cachoeira Paulista, SP).** Radiotelescópio equipado com uma antena de 9m de diâmetro, dedicado à investigação de fenômenos solares transientes na banda de 0,2 - 2,5GHz, com altas resoluções temporal (0,01-1s) e em frequência (1-10 MHz). Operando desde 1998 no modo digital, permite a visualização em tempo real dos dados espectrais solares.

**6) Galactic Emission Mapping (Cachoeira Paulista, SP).** Radiotelescópio equipado com uma antena de 5,5m de diâmetro e realiza observações em 408MHz, 1.465MHz, 2.300 MHz, 5GHz e 10GHz. Totalmente dedicado ao estudo da emissão Galáctica, tem como objetivo principal entender seus efeitos nas medidas da radiação cósmica de fundo em micro-ondas.

Todos os instrumentos listados acima, com exceção do SST, são operados pelo INPE/MCT. Existem ainda outros instrumentos equipados com antenas parabólicas de pouco mais de 1m, que não serão discutidos aqui.

### 4.3 - Diagnóstico dos Principais Problemas

Está demonstrado claramente, pelo número de instrumentos que foram desenvolvidos, que a comunidade radioastronômica brasileira possui competência. No entanto, apesar do desenvolvimento alcançado ser de alta qualificação internacional, ele é muito modesto para o potencial do País, quando se compara com os avanços de outros países emergentes como a Índia, Coréia do Sul, China ou África do Sul, ou mesmo com o desenvolvimento que a astronomia óptica apresentou no País. Embora tenham surgido projetos novos como o BDA e o SST estes, neste momento, estão mais orientados para os interesses específicos dos grupos que os propuseram. A radioastronomia deve ser reorganizada de modo a motivar, e atrair, pesquisadores ampliando gradativamente a comunidade de usuários, tanto dentro das Unidades de Pesquisa quanto nas Universidades no País.

Um dos maiores problemas é a infraestrutura deficitária dos grupos existentes e o nível de suporte que conseguem de suas Instituições. Além disso, existe a necessidade de agregar os diversos subgrupos estimulando o entrosamento e a sinergia no desenvolvimento dos diversos projetos radioastronômicos, bem como fomentar a interação com a comunidade astronômica.

Para que a competência existente se desenvolva e se multiplique é imprescindível que seja apoiada por um órgão coordenador, subordinado ao MCT, que crie uma política e plano de desenvolvimento bem definido a médio e longo prazo, e promova o aporte de recursos humanos qualificados para levar a cabo as metas estabelecidas.

## 5 – O Plano Radioastronômico Nacional

Tendo como objetivo fomentar as atividades de radioastronomia no Brasil, propomos as seguintes linhas de ação:

- 1) Desenvolver novos projetos competitivos e agregadores, com forte inserção internacional, que promovam a colaboração com os projetos ALMA e SKA e sejam de interesse para a comunidade científica do País;**
- 2) Melhorar o apoio técnico existente para os dois maiores instrumentos do País - ROI e BDA - garantindo o financiamento adequado para o funcionamento e desenvolvimento dos mesmos, visando maior participação da comunidade científica;**
- 3) Criar um Laboratório Nacional de Radioastronomia - LNR, visando assegurar o sucesso dos empreendimentos acima.**

Colocamos a seguir as propostas que agregarão maior número de interessados:

**a) Long Latin American Millimeter Array. LLAMA** é um projeto proposto por radioastrônomos argentinos e brasileiros, cujo estudo de viabilidade faz parte dos objetivos do INCT-A. Este projeto binacional consiste na instalação (em sua etapa final) de dois radiotelescópios no lado argentino do deserto de Atacama, a cerca de 100km de Chajnantor onde se situa o interferômetro ALMA e o radiotelescópio APEX, com o objetivo de realizar observações conjuntas de VLBI. LLAMA, em operação VLBI, permitirá obter uma resolução espacial 10 vezes maior que a do ALMA e estudar fontes não resolvidas por esse interferômetro, colocando-nos na vanguarda da radioastronomia mundial.



Com o LLAMA estaremos nos antecipando a um crescimento futuro natural do ALMA, que seria colocar antenas a distâncias maiores, num esquema semelhante ao do SKA.

Mesmo operando em modo *single dish* o LLAMA conta com uma grande quantidade de objetivos científicos a serem explorados que vão da física solar, a evolução estelar, ao meio interestelar, a estrutura galáctica e a cosmologia. Uma vez implementado o modo VLBI, o LLAMA poderá estudar: atmosferas planetárias extrasolares, formação de estrelas e planetas, buracos negros supermassivos, jatos extragalácticos, hyperbursts, masers submilimétricos.

Esse projeto tem maior viabilidade, e menor custo, se for adquirida uma antena completa de 12 metros, num intervalo de tempo relativamente curto, aproveitando-se do fato desses equipamentos estarem sendo fabricados em série para o ALMA. Posteriormente, deverá ser adquirida uma segunda antena para estabelecer uma figura triangular para o VLBI.

O custo total de uma antena é da ordem de US\$ 14 milhões divididos entre Brasil e Argentina, e incluem as obras civis e de infraestrutura. O custo de operação é de US\$ 800 mil/ano. O prazo de instalação da primeira antena é de cerca de 24 meses. Este projeto necessita que o MCT estabeleça contato, o mais cedo possível, com o governo argentino, visando saber se existe interesse em apoiar o projeto bilateral.

**b) Karoo Array Telescope (MeerKAT-Brasil).** A África do Sul, candidata a sediar o núcleo do SKA, está construindo um *pathfinder* do mesmo, denominado MeerKAT. As sete primeiras antenas estão sendo instaladas no núcleo do SKA na África do Sul e outras 80 serão instaladas até 2013. O projeto desenvolve tecnologias apropriadas para uso no SKA, incluindo refletores de materiais compostos, receptores de banda larga, sistemas de criogenia de baixo custo e sistemas de processamento digital reconfigurável. O interferômetro consistirá de 87 antenas de 12-15m de diâmetro, operando nas bandas 0,58-2,5GHz e 8-14,5GHz. Sua entrada em funcionamento está prevista para 2013. Para ampliar a demonstração do arranjo a África do Sul propõe mais oito telescópios do tipo MeerKAT a serem construídos em oito países africanos (Botsuana, Gana, Quênia, Madagascar, Ilha Maurício, Moçambique, Namíbia e Zâmbia) conectadas ao MeerKAT. A proposta se estende a uma rede de antenas semelhantes no Brasil e América do Sul, que é a direção natural de expansão do SKA se for instalado na África do Sul, que podem ser ligadas à rede Africana e Meerkat. Essa seria a maior rede de radiotelescópios do hemisfério sul, com uma linha de base de 10.000km, se equiparando a qualquer outra rede de telescópios do hemisfério Norte.

A possibilidade foi discutida com o Dr. Gordon MacLeod diretor de *Astronomy Frontiers* da África do Sul. O custo aproximado de cada antena, incluindo receptores e infraestrutura é de US\$ 2,0 milhões. Aproveitando a extensão territorial do Brasil, poderiam ser instaladas 5 antenas de forma a contar com uma rede própria com uma linha de base de 4.000km. A importância estratégica de participar ativamente desse projeto (MeerKAT), é que o Brasil se envolverá com as tecnologias a serem desenvolvidas para o SKA.

### **c) A Proposta do Laboratório Nacional de Radioastronomia (LNR)**

Uma das propostas para capacitar o Brasil a desenvolver os projetos mencionados e garantir um futuro seguro para a radioastronomia é a criação de uma estrutura de apoio

técnico e administrativo adequada. Tal estrutura deve contar com autonomia financeira e administrativa. Convém lembrar que no exterior, tanto os países mais desenvolvidos quanto os emergentes possuem seus respectivos institutos de radioastronomia. Por exemplo, NRAO (Estados Unidos), Max Plank Institut für Radioastronomie (Alemanha), IRAM (França/Alemanha), NCRA (Índia), ATNF (Austrália), ASTRON (Holanda) e o IAR (Argentina).

Entendemos que a criação de um novo Laboratório autônomo na estrutura do MCT não é uma tarefa simples, e que ela não deve ser considerada como uma pré-condição para dar início, no curto prazo, aos grandes projetos recomendados. Em vista disso, o embrião do LNR poderia ser abrigado, inicialmente, em um dos Institutos do MCT. O LNR necessita de um orçamento anual em torno de US\$ 3,0 milhões para poder desempenhar adequadamente a sua missão.

## 6– Investimentos Previstos para os Próximos 5 anos

PROJETO	Custo (em milhões de US\$)
LLAMA	14
MeerKAT - Brasil	10
LNR	15
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>

**Observação:** O custo da primeira fase do **LLAMA**, que é a instalação de uma antena, será de aproximadamente 14,0 milhões de dólares divididos entre os dois países (US\$ 7,0 milhões para cada país). O valor lançado no orçamento se refere à parte brasileira e pressupõe que antes de 5 anos será adquirida uma segunda antena para esse projeto.