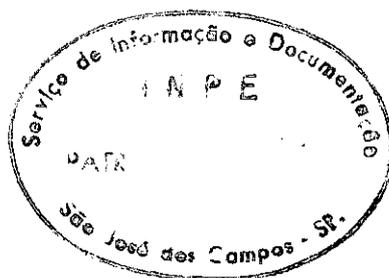


Relatório N°4:

*Variabilidade de curto Período de  
objetos BL Lacertae e núcleos ativos de  
galáxias*

Bolsista ( CNPq, INPE ):  
Cassius Vinicius Lisboa Albieri

Orientador:  
Dr. Luiz Claudio Lima Botti



## Título do Projeto:

Variabilidade de curto período de objetos BL Lacertae e núcleos ativos de galáxias

### I. Introdução

#### I. 1 - Objetivos

O projeto consiste em utilizar o radiotelescópio de Itapetinga para observar e estudar variabilidades de curto período das rádio fontes Centaurus A, OV236, OJ287 e BL Lac. A confirmação da variabilidade rápida é muito importante para testar alguns modelos de variabilidade, pois alguns resultados publicados na literatura tem apresentado controvérsias.

Os objetos serão observados nas frequências de 22 e 43 GHz usando-se entre outros os planetas Júpiter, Vênus e a radiogaláxia Virgo A como fontes calibradoras.

#### I. 2 - Equipamento utilizado e Técnica observacional

O radio-observatório de Itapetinga possui receptores nas frequências de 22, 30, 43, e 90 GHz sendo as frequências de 22 e 43 GHz as mais utilizadas pelos usuários.

Também há um receptor criogênico que trabalha entre as frequências de 21,7 e 24,1 GHz, mas no momento não está funcionando para observação no contínuo.

O radio-telescópio tem um prato parabólico refletor de 13,7m de diâmetro, tendo desenho Cassegrain e montagem altazimutal. Encontra-se no interior de uma redoma de 22 metros de diâmetro, fabricada de plástico especial que reduz consideravelmente o desgaste, pela ação do tempo, dos componentes da antena e facilita a estabilidade de apontamento, evitando as deformações devido à variações de temperatura.

As cornetas utilizadas de 22 e 43 GHz são retangulares e sensíveis à componente vertical do vetor E (campo elétrico). As larguras à meia potência são 4,2' e 2,1' em 22 e 43 GHz, respectivamente. Os receptores tem 1 GHz de banda lateral dupla e temperatura de sistema da ordem de 700K. Com essa temperatura de sistema e a banda utilizada é possível detetar radiofontes com densidade de fluxo de 1Jy, em duas horas de observação. A técnica utilizada é a de varreduras ("scan"), que consiste em varrer com o feixe da antena a radiofonte. Cada "scan" tem a duração

em varrer com o feixe da antena a radiofonte. Cada “scan” tem a duração de 20s. Neste tempo integra-se sobre a fonte por volta de 6s. O restante do tempo é utilizado para frear a antena e obter medidas do céu em torno da fonte.

Foi utilizado o método Total Power, ou seja, mediu-se a potência total de ruído da fonte e do receptor, cujos amplificadores tem resposta linear. Para se obter uma determinação precisa da temperatura de antena correspondente à radiofonte, é necessário fazer uma calibração, utilizando-se uma carga (LOAD), um tubo de ruído (NT) ou uma fonte de ruído (NS). Os dados são analisados com o programa DRAWSPEC, que fornece a temperatura máxima de antena, o feixe da antena etc... fazendo-se ajustes da linha de base, polinômios e gaussianas.

Como os dados recebidos pelo radio-telescópio não estão no formato DRAWSPEC, são convertidos por outro programa.

### I. 3 - Diagrama em blocos do receptor

O primeiro estágio na detecção do sinal é um dispositivo de microondas projetado especificamente para a parábola para frequência em estudo, que irá coletar a energia refletida por esta, sendo constituído de um guia de onda que tem forma de uma pirâmide, a “corneta” (1). Após a corneta há o amplificador de rádio-frequência (2) que possui baixo ganho e que amplifica aproximadamente dez vezes o sinal. Outro elemento importante é o misturador (3), este fará o produto entre o sinal de rádio frequência com o do oscilador local (4), resultando em uma frequência intermediária mais baixa. Um atenuador situa-se entre o misturador e o oscilador local (5). Acoplado ao misturador há um pré-amplificador de 30dB geralmente ambos ficam na mesma caixa para evitar perdas de sinal. O oscilador local gera um sinal com potência entre 1 e 100mW. Após este estágio existe um atenuador (7) que isola o amplificador de FI (8) do pré-amplificador (6), sua função principal é acertar a faixa de trabalho do detetor quadrático. Um amplificador de ganho de 60dB também fornece um nível de sinal adequado para o detetor quadrático (9). Nesse estágio o sinal já apresenta uma voltagem adequada para ser medida. No próximo estágio há um amplificador (10) de 40dB de ganho que tem baixo nível de ruído, com banda passante de alguns KHz. No estágio seguinte (11) subtrai-se a voltagem correspondente ao sistema e aumenta-se o ganho de 40dB (12) obtendo-se a voltagem correspondente ao sinal da fonte, onde pode ser integrado, através de um filtro cujo efeito pode ser obtido por um integrador com constante de tempo de aproximadamente 50ms. O sistema

de aquisição de dados é realizado no estágio 13. O sinal de referência (14) pode ser uma carga (load) à temperatura ambiente como um tubo de ruído (noise tube) ou uma fonte de ruído (noise source) de temperatura conhecida.

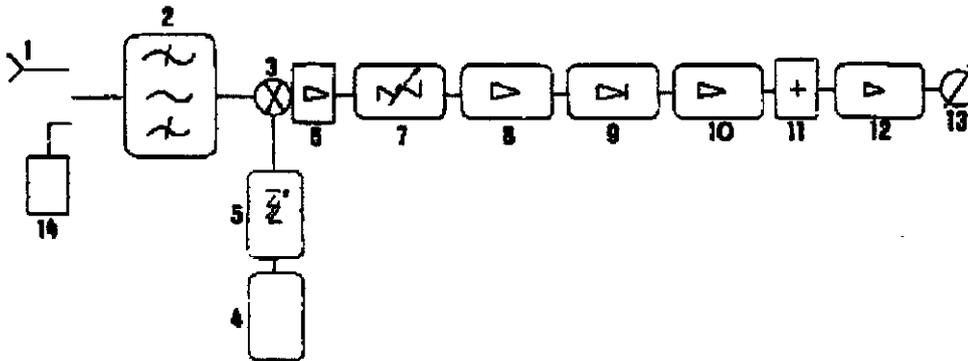


Figura Nº1 – Diagrama em blocos do receptor.

II - Coordenadas das radiofontes e calibradoras, precessão, apontamento.

### II. 1 - Coordenadas das radiofontes e precessão

A obtenção das coordenadas foi feita consultando-se diversos catálogos de rádiosfontes (por exemplo o GB6 Green Bank, 6cm) e o cálculo das coordenadas atualizadas dos planetas Marte, Júpiter e Saturno foi feito com auxílio do Nautical Almanac (1998).

Foi feita a precessão das coordenadas de 1950 para época atual.

OJ287 (0851 +202)  $\alpha=08^h 51^m 57.26s$  /  $\delta= +20^\circ 17' 58.2''$  (1950)

BL Lac (2200 +420)  $\alpha=22^h 00^m 39.40s$  /  $\delta= 42^\circ 02' 9.0''$  (1950)

OV236 (1921 +293)  $\alpha=19^h 21^m 42.30s$  /  $\delta= -29^\circ 20' 27.0''$  (1950)

Centaurus A  $\alpha=13^h 22^m 31.50s$  /  $\delta= -42^\circ 45' 32.0''$  (1950)

### II. 2 - Fontes Calibradoras

Utilizando Virgo A como fonte calibradora adotamos os valores de densidade de fluxo de 21,5 Jy para 22GHz e 11,5 Jy para 43GHz (valores obtidos na literatura). A razão entre a densidade de fluxo da calibradora numa determinada frequência e sua temperatura de antena observada nesta

frequência fornece um fator para cálculo de  $T_a$  (temperatura de antena) para as radiofontes em geral.

## II. 3 - Verificação do apontamento

Realizou-se diversas observações com “scans” em elevação e azimute para uma mesma fonte com o objetivo de verificação do apontamento da antena. Quando constatado que o apontamento da antena não era adequado (mais que 0,5' fora do eixo) ajustava-se os incrementos em elevação e azimute afim de otimizar a observação.

## III - Cálculo da escala de tempo de variabilidade, dos tamanhos angular e linear e da temperatura de brilhância das radiofontes

Com o objetivo de se ter uma idéia das dimensões das fontes e da temperatura de brilhância, calcula-se a seguir esses parâmetros não considerando possíveis expansões relativísticas.

A variabilidade temporal de uma radiofonte é uma medida do limite superior de suas dimensões angulares numa determinada frequência e a partir dela pode ser determinada sua temperatura de brilhância. Fanti , Padrielli et al., (1982) definem a escala de tempo de variabilidade de uma componente como:

$$\tau_{\text{Var}} = (1+z)^{-1} \left[ \frac{S_{\text{max}}}{\Delta S} \right] \Delta t$$

onde  $z$  é o desvio para o vermelho,  $S_{\text{max}}$  é o fluxo máximo da componente variável,  $\Delta t$  é a duração da explosão,  $\Delta S$  é a diferença entre o máximo e o mínimo da componente explosiva.

Existem incertezas à respeito de  $S_{\text{max}}$ , dependendo se a emissão da fonte variável é vista sobreposta a uma componente estável ou não. Se é sobreposta,  $S_{\text{max}} \sim S$ . Se não é, considera-se a densidade de fluxo máxima. Essa segunda consideração fornece escalas de tempo mais longas, minimizando problemas associados com variabilidade rápida. Geralmente é considerada uma escala de tempo de variabilidade para cada explosão distinta da fonte.

A partir do tempo de variabilidade, a dimensão linear de uma componente é dada por :

$$r_{VAR} = c \tau_{VAR}$$

onde c é a velocidade da luz.

A dimensão angular da mesma é dada por:

$$\theta < \theta_{VAR} = \frac{2r_{VAR}}{D} = \frac{2r_{VAR} (1+z)^2}{D} \frac{H}{cz}$$

onde D é a distância do objeto, H é a constante de Hubble ( H= 75Km/Mpc e q0 = 1 ).

A temperatura de brilhância, que caracteriza a radiofonte compacta é dada por:

$$T_b \geq \frac{2 c^2 S_\nu}{\pi k \nu^2 \theta_{VAR}^2}$$

onde k é a constante de Boltzmann,  $\nu$  é a frequência de observação,  $\theta_{VAR}$  é a dimensão angular da componente,  $S_\nu$  é a densidade de fluxo.

Na tabela nº1 apresenta-se os parâmetros acima, calculados tendo por base a variabilidade encontrada em Cen A e OV236. Na coluna 1 tem-se o nome da fonte na coluna 2 a frequência de observação, na coluna 3 o período de observação, na coluna 4 a escala de tempo de variabilidade, na coluna 5 a dimensão linear da fonte, na coluna 6 a dimensão angular da radiofonte, na coluna 7 a temperatura de brilhância e na coluna 8 o desvio para o vermelho.

De uma maneira geral pode-se notar na tabela que o limite superior do tamanho angular, estimado da escala de tempo de variabilidade (expansão não relativística) é menor que aquele medido por VLBI, que não pode medir essas dimensões devido a sua resolução. Estas dimensões são compatíveis com as estimadas pelo modelo canônico.

## PARÂMETROS FÍSICOS DAS RADIOFONTES

PONTE	$\nu$ (GHz)	$t$	$T_{\text{Var}}$ (anos)	$r$ (cm)	$\theta$ (")	$T_{\text{B}}$ (K)	$z$
Cen A OV235	22	10/79-05/80	2,2	$2,1 \times 10^{18}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{10}$	0,352
	22	05/81-08/82	1,8	$1,7 \times 10^{18}$	$6,0 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{11}$	
		03/84-10/84	0,5	$5,4 \times 10^{17}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{12}$	
		02/85-03/87	0,7	$7,0 \times 10^{17}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$8,3 \times 10^{11}$	
		05/87-10/87	0,2	$2,3 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$7,7 \times 10^{12}$	
	43	07/83-11/83	0,5	$5,2 \times 10^{17}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{11}$	
		05/84-10/84	0,2	$2,3 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{12}$	
		05/85-04/87	1,2	$1,1 \times 10^{18}$	$4,0 \times 10^{-4}$	$6,8 \times 10^{10}$	
	15	07/79-12/79	0,8	$7,5 \times 10^{17}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{12}$	
		05/82-12/82	0,4	$3,5 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$5,7 \times 10^{12}$	
		05/84-10/84	0,3	$2,9 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{13}$	
	8	05/79-12/79	0,8	$8,8 \times 10^{17}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{12}$	
		05/82-12/82	0,4	$4,1 \times 10^{17}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{13}$	
		05/84-11/84	0,4	$3,5 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{13}$	
	5	07/79-06/80	1,8	$1,8 \times 10^{18}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{12}$	
		07/82-02/83	0,4	$3,8 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$3,8 \times 10^{13}$	

Tabela nº1

### IV - Descrição das radiofontes

O estudo das fontes, abaixo descritas, foi feito com a utilização de dados de outros rádio-telescópios, com exceção de Centaurus A que tem dados do rádio-telescópio do Itapetinga.

O intuito do projeto é continuar as observações de Centaurus A e observar as outras fontes.

Os últimos gráficos de cada fonte mostram seu comportamento na frequência de 14.5GHz.

Os dados são do rádio-observatório da Universidade de Michigan, que realiza observações diárias nas frequências de 4.8, 8.0 e 14.5GHz.

Foram escolhidos os dados de 14.5GHz para a plotagem dos gráficos pois esta frequência é a que mais se aproxima das frequências do rádio-observatório do Itapetinga.

#### IV .1 - Centaurus A

Centaurus A é uma rádio galáxia do tipo E0, cuja a distância é de 4 à 5Mpc. Possui um núcleo que emite em todo espectro eletromagnético (Price e Stull, 1973; Wade et al., 1971 e Cooper et al., 1965). Apresenta também um jato que pode ser subdividido em diversos nós.

Centaurus A tem variabilidade em diversos comprimentos de onda que vão desde os raios  $\gamma$ , passando pelos raios-x, infravermelho até o rádio. Em infravermelho nota-se o mesmo comportamento dos demais comprimentos de onda, com períodos de alta atividade e de baixa atividade correspondendo às mesmas épocas dos eventos em rádio e raios-x. Variabilidades de horas e até anos tem sido encontradas em rádio e também raio-x.

Tanto as observações em rádio em 22 e 43GHz obtidas no Itapetinga (Botti e Abraham, 1993), quanto as observações feitas em raios-x (Terrell, 1986), mostram períodos de baixa atividade, apresentando flutuações quase periódicas na intensidade com escalas de poucos meses e períodos de alta atividade com flutuações menos definidas, tanto em 22 quanto em 43GHz. As flutuações encontradas em 43GHz tem amplitude maior que as encontradas em 22GHz. Em geral o comportamento em raios-x é semelhante ao encontrado em rádio. O interessante é que Botti e Abraham (1991) encontraram comportamento semelhante no quasar 3C273, notando-se uma correlação entre os dados em raio-x e rádio. Outra conclusão importante, é que o índice espectral entre 22 e 43GHz varia em meses, sendo este comportamento típico de fontes sincrotrônicas que são inicialmente opacas em uma frequência e que se torna opticamente finas quando esta fonte se expande, como nos quasares.

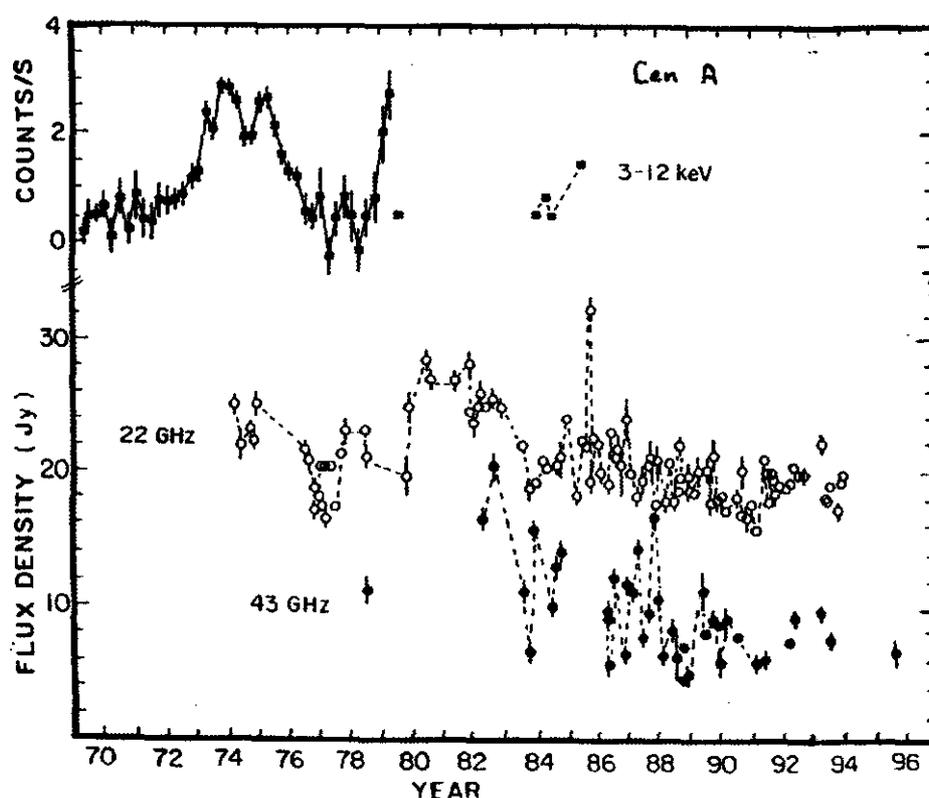


Figura N°2 - Comportamento de Centaurus A em 22, 43GHz e raios-x.

A equipe do pesquisador Robert P. Lin do Space Sciences Laboratory lançou em fevereiro de 1987 um balão com objetivo de observar o Sol, Sgr A, e Cen A em raios-x. Foram realizadas observações conjuntas do balão com o radiotelescópio do Itapetinga. Infelizmente não foi possível obter dados em raios-x devido à problemas técnicos. Os dados foram coletados em 22 e 43 GHz que são apresentados nas figuras nº 3 e 4. Aparentemente houve uma variação em Centaurus A de aproximadamente 30% no dia 15 de fevereiro em 22GHz. Comparando os dados dos dias 13 e 14 com os do dia 15 (fig. nº4), nota-se uma maior variabilidade no penúltimo dia de observação. Em 43 GHz não houve aumento da densidade de fluxo no dia 15 (fig nº 3), também foi detectada variação na densidade de fluxo desta fonte em julho e agosto 1978 ( Kaufmann e Raffaelli ), quando observada em 22 e 43 GHz. Naquela ocasião Cen A variou 20% em 22GHz e 40% em 43 GHz. Os resultados mostrados na figura nº4 em 22 GHz mostram variações compatíveis aos encontrados por Kaufmann e Raffaelli ( 1979 ) nesta frequência.

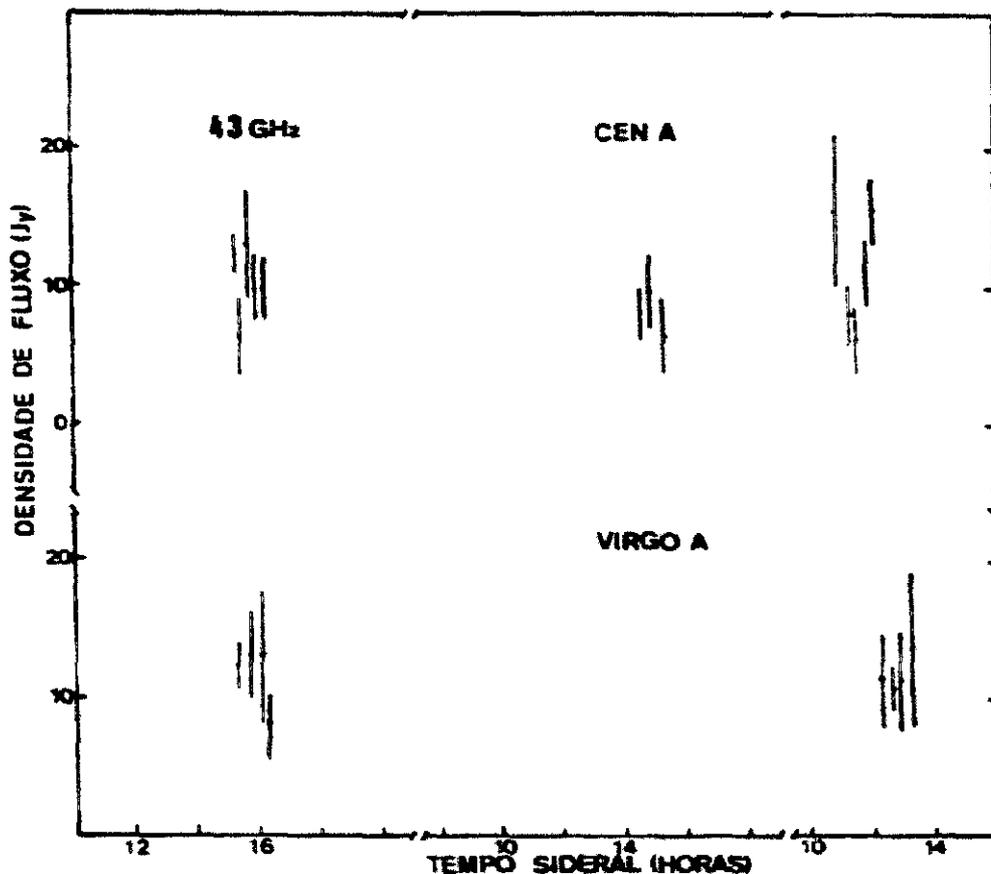
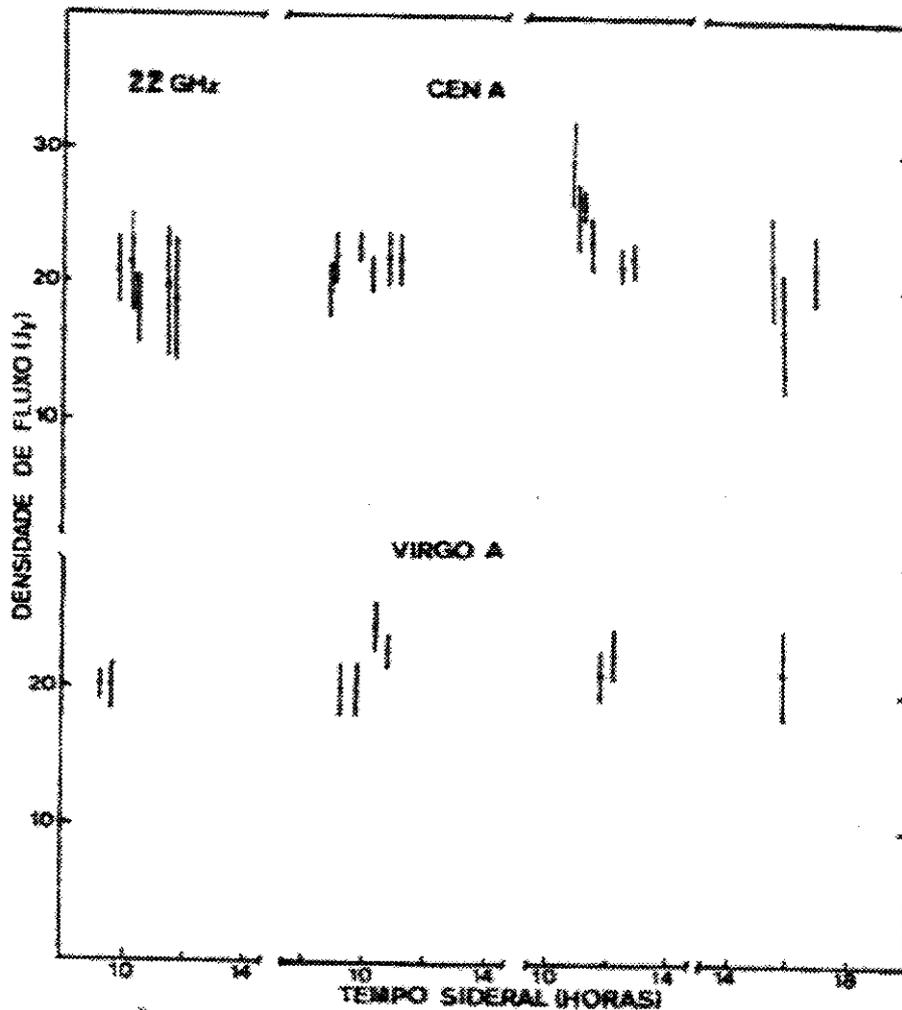
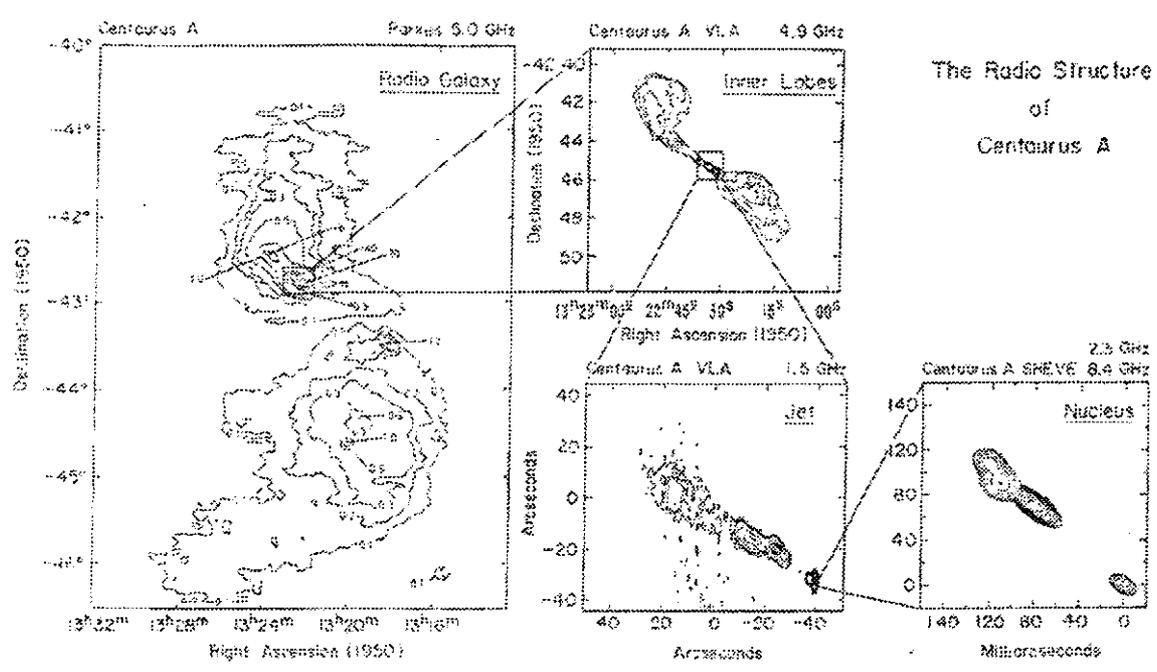


Fig. Nº3 – Observação de Centaurus A entre 13 e 16 de fevereiro de 1987 em 43 GHz. Fonte calibradora: Virgo A



**Fig N°4 – Observação de Centaurus A entre 13 e 16 de fevereiro de 1987 em 22 GHz. Fonte calibradora: Virgo A**

A figura n°5 mostra Centaurus A com quatro resoluções diferentes, as três primeiras ( 5GHz, 4,9 GHz, e 1,5 GHz ) em VLA e a última em VLBI. Nota-se que com o aumento da resolução é possível observar detalhes da estrutura. Com a resolução de miliarcos de segundo, no quarto quadro, observa-se o núcleo e o jato sendo expelido. Também pode-se notar a existência de espaços vazios entre o núcleo e o jato sugerindo quedas na atividade do núcleo.



Radio structure of Centaurus A in Galactic coordinates (top left). The frequency is 5.0 GHz. Data from Haynes, Clifton, and Ekers (1982). The second and third panels show VLA data from Smith, Ekers, and Schilizzi (1981). The final frequency shown in Table 1 is plotted clockwise in the fourth panel, where the coordinate origin has been shifted to the core. The resolution of the 2.3 GHz image with the S. 4.1-ft core is accurate to about  $\pm 4$  mas along the jet.

**Fig N°5**

### IV .2 - BL Lac

BL Lac é uma fonte superluminal bem conhecida exibindo um alto movimento próprio. Em um ano um nó se move por volta de 1 mas no céu. A maior parte da estrutura apresenta movimento relativístico, as propriedades observadas da fonte são muito dependentes da orientação do jato em relação à linha de visada. Mutel et al. (1990) usando dados em VLBI interpretou o movimento das componentes como um choque no jato que apresenta propagação com a velocidade modestamente mais alta que a do fluxo básico ( $\gamma \sim 4$ ), e deduziu um ângulo que não podia ser menor que  $19^\circ$  para igualar-se aos valores geométricos obtidos pelo tamanho das componentes do VLBI. Um ângulo similar foi determinado por Hughes, Aller, & Aller (1989) para explicar a forma das curvas de luz dos fluxos total e do fluxo polarizado.

Um fluxo com o fator de Lorentz  $\gamma \sim 6$  foi modelado com um ângulo de visão de  $38^\circ$  para reduzir a porcentagem de polarização da explosão (outburst). As componentes superluminais apresentam um movimento retilíneo, com um ângulo de posição variando de  $190^\circ$  a  $200^\circ$  (Mutel et al.

1990; Mutel, Denn & Dryer 1994). De fato, as primeiras componentes VLBI indicadas S1, S2, e S3 por Mutel et al. (1990) tem um P.A. predominante próximo a  $190^\circ$ , enquanto mais recentes componentes em VLBI (S5 e S6) tem um P.A. de aproximadamente  $200^\circ$ . Esta troca da orientação do jato levou Mutel et al. (1994) a sugerir a precessão do engenho central sobre influência de uma companheira massiva. Um desvio correspondente de  $10^\circ$  do ângulo de posição da polarização foi registrado por Aller, Hughes, & Aller (1994) para os mesmos períodos.

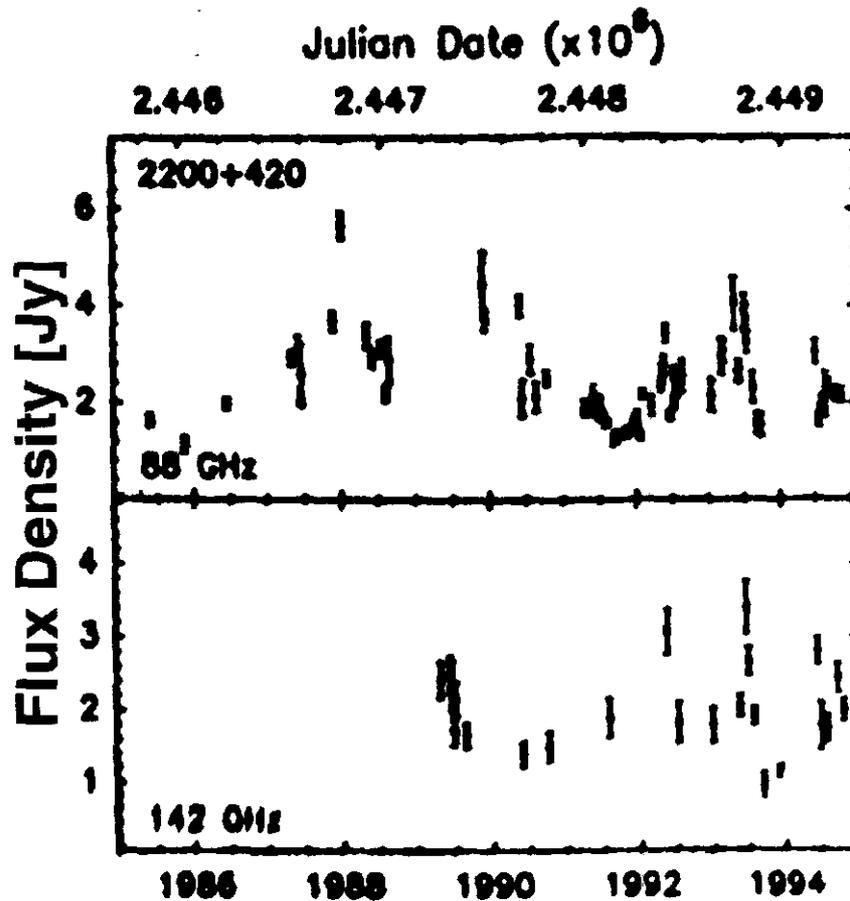


Figura N°6

A figura n°6 mostra o comportamento do BL Lac nas frequências de 88 e 142 GHz e nota-se correlação entre ambas.

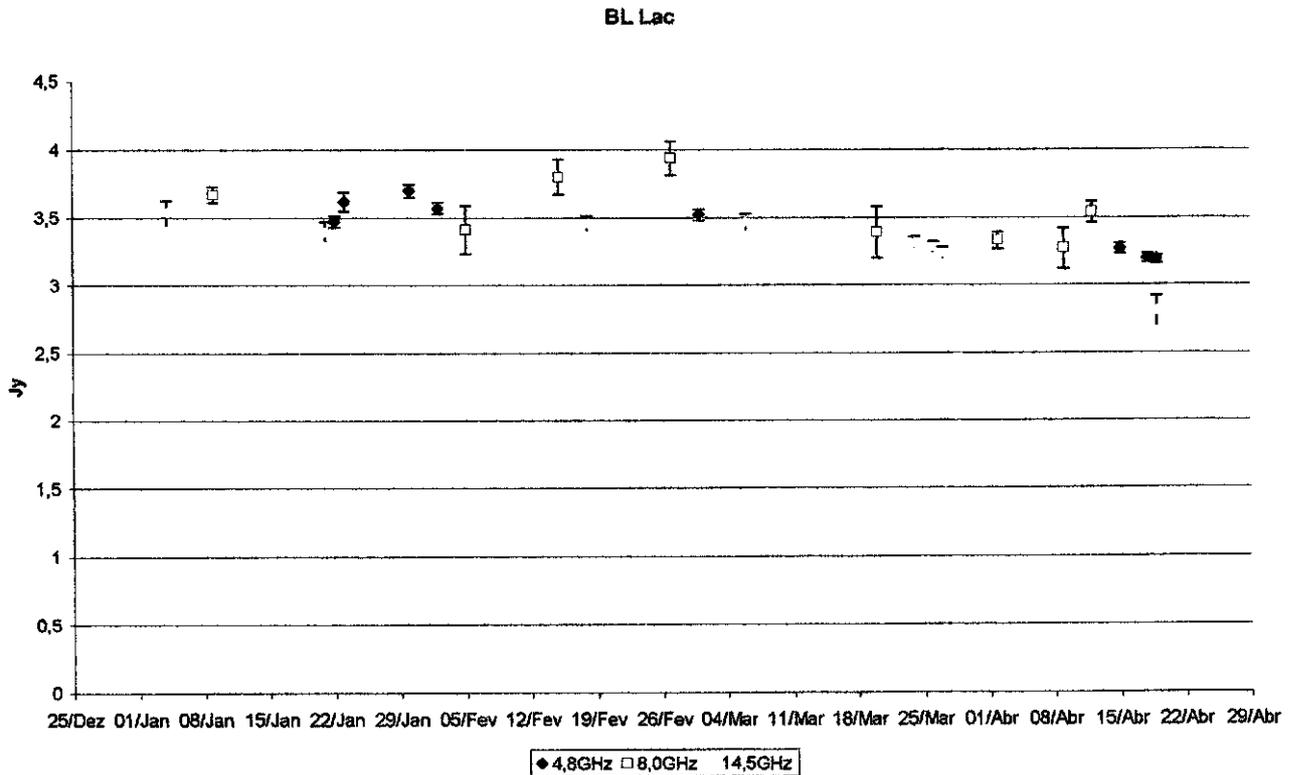
Podemos notar na figura N°7 que a fonte possui um fluxo médio de 3Jy.

Apresenta uma periodicidade de aproximadamente 1ano e 4meses até o início de 1995, quando sua densidade de fluxo começa a aumentar até atingir 5.7Jy.

Após 1995 o seu comportamento se torna não definido e não segue o padrão anterior.



Na figura nº8 observa-se a variabilidade de BL Lac em curto período. Foram utilizados dados do observatório da universidade de Michigan em 4.8, 8.0 e 14.5 GHz, Não é possível notar correlação entre as frequências por falta de dados.

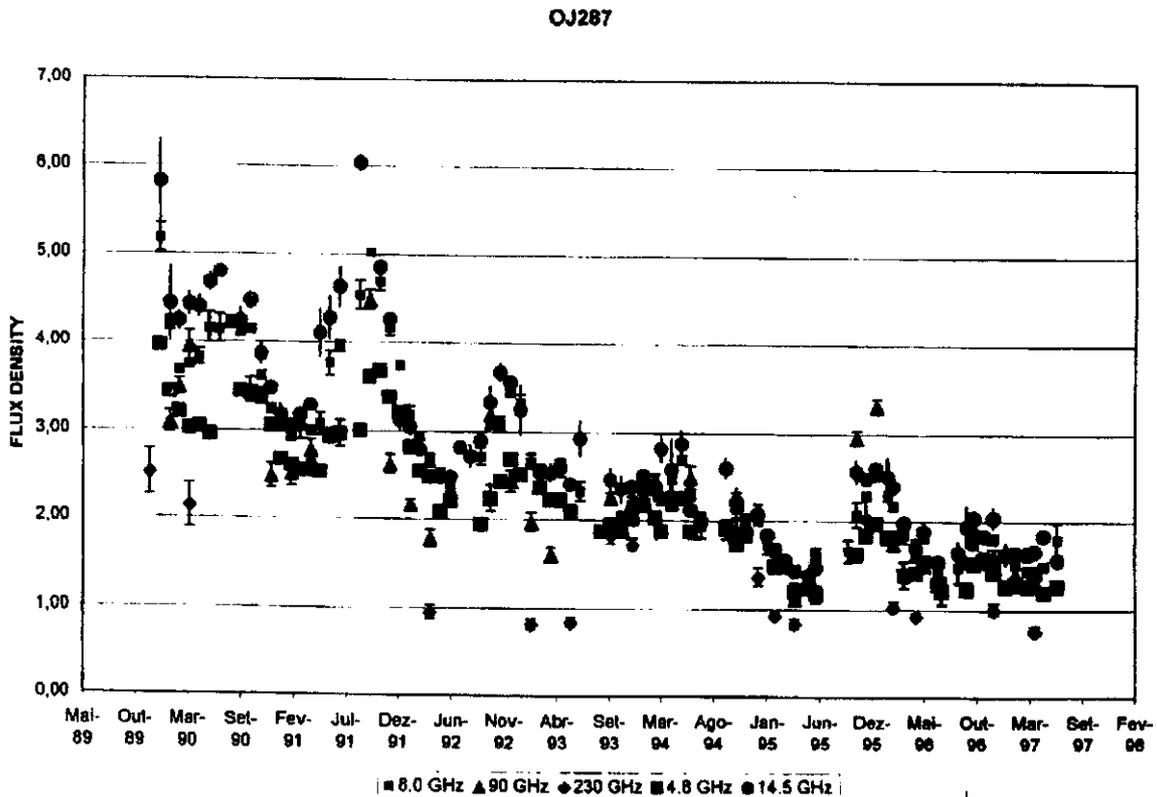


**Fig. Nº8 – Dados correspondentes ao período de janeiro a abril de 1999 ( University of Michigan 26-meter Telescope )**

### III .3 - OJ287

OJ 287 foi primeiramente reconhecido como candidato a um sistema binário de buracos negros por Sillanpää et al. (1988), que notou um padrão no tempo das explosões no histórico da curva óptica. Por sorte havia informação fotográfica do brilho do quasar desde o seu descobrimento. Com estas informações pode-se prever explosões, o que possibilitou observar melhor sua curva de luz com o intuito de tentar construir um modelo mais bem detalhado, indo além da concepção geral das passagens pericentricas do buraco negro causando o aumento da atividade no disco do buraco negro maior (Sillanpää, 1988).

Além do aumento rápido de brilho que pode durar uma noite existem maiores explosões que dobram o brilho do quasar pelo período de 0,1 ano. Uma das maiores explosões já registradas pode ser observada no início de 1973 durante a explosão de 1971 - 1974. Dois eventos similares foram vistos no período de 1983 - 1984. Foi notado que às explosões ocorrem às vezes antes e as vezes depois do previsto, com erro de até um ano. Isto é problemático para um modelo binário, a não ser que se reconheça a existência de aumentos de brilho que ocorram fora dos períodos de explosões. (Sillanpää, 1988).

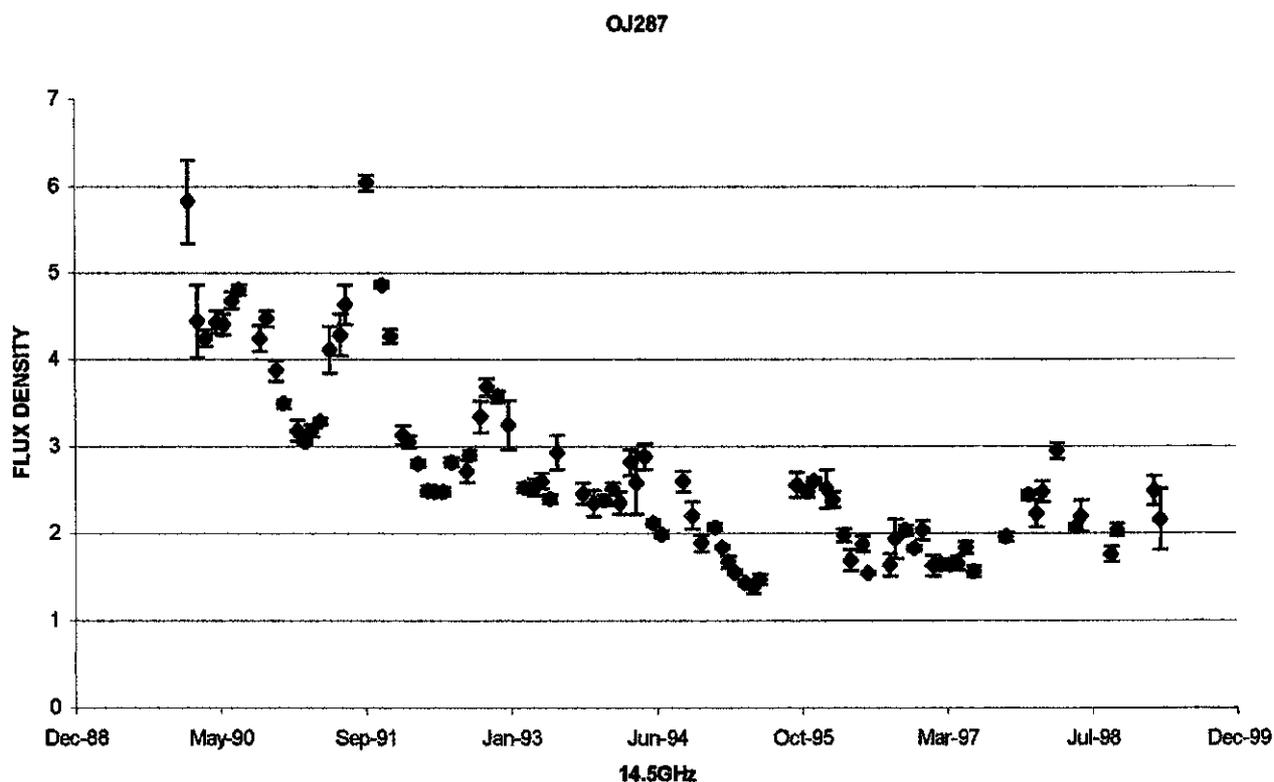


**Figura N°9 – Comportamento de OJ287 nas frequências 8.0 , 90, 230, 4.8, 14.5 GHz.**

Na figura N°10 notamos que OJ287 apresenta uma variação de fluxo com período de aproximadamente 11 meses.

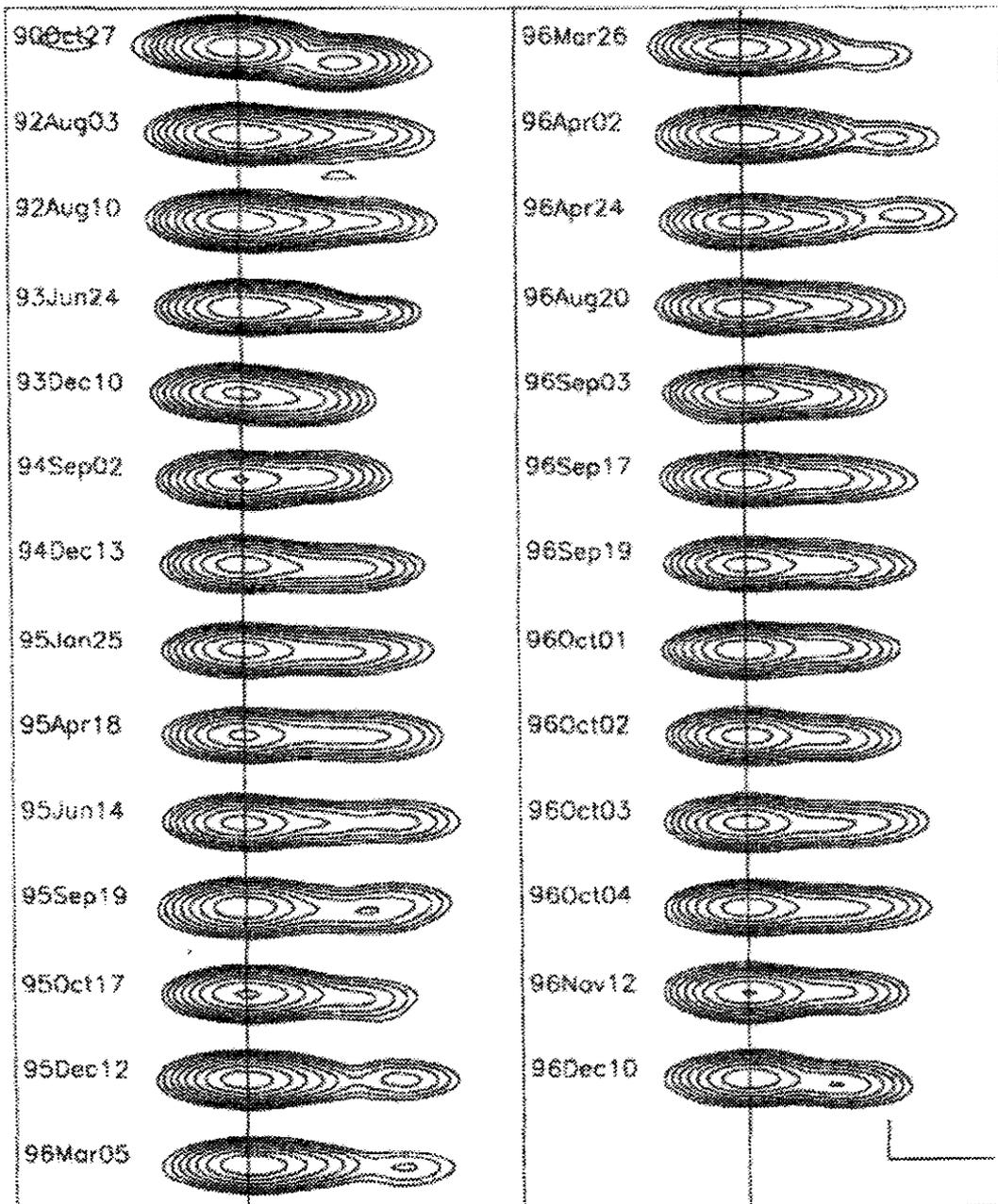
Sua densidade de fluxo média é de aproximadamente 3Jy e seu fluxo máximo foi de 6Jy em Setembro de 1991.

É interessante dizer que a intensidade desta fonte diminui consideravelmente a partir de 1991, mantendo-se com uma média de 2Jy e período constante.



**Figura N°10 - University of Michigan 26-meter Telescope**

Os mapas ( fig. n°11 ) são resultado de observações em 8GHz utilizando uma rede de radiotelescópios que tem por objetivo estudar VLBI geodésico. É observado que a componente nuclear não varia ao longo de 6 anos de observações mas pode-se destacar o aparecimento de estruturas que aparentemente são ejetadas do núcleo.



**Fig N°11 – OJ287 observado em 8,0GHz VLBI**

O comportamento de OJ287 em curto período é mostrado na figura nº12. Os dados são do observatório da Universidade de Michigan em 4.8, 8.0 e 14.5GHz. Pode-se notar variabilidade de curto período mas por falta de dados não pode-se concluir nada quanto a correlação entre as frequências.

OJ287

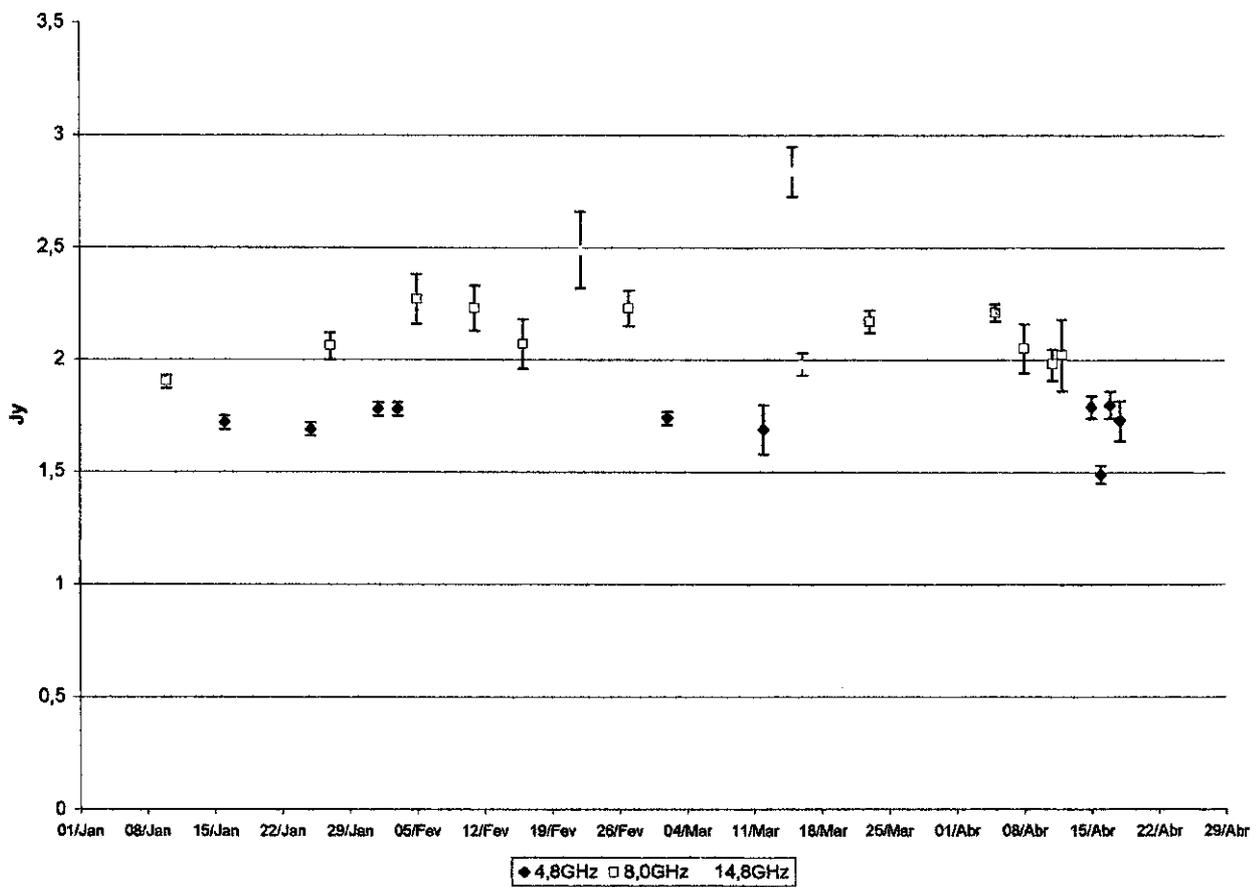


Fig. 12 – Dados referentes ao período de janeiro a abril de 1999 (University of Michigan 26-meter Telescope )

#### IV .4 - OV236

OV236 é uma das mais fortes radiofontes no céu. Ele é um quasar altamente polarizado que possui uma grande variabilidade óptica, com desvio para o vermelho de  $z=0.352$  [ Pica et al. 1988 ].

OV236 foi observado por Preston et al. [ 1989 ] nas primeiras utilizações do VLBI na frequência de 2.3 GHz, descobrindo que esta radiofonte consiste de uma componente alongada de 5 mas, com posição de aproximadamente  $25^\circ$  e densidade de fluxo de 6.6 Jy.

As novas observações em VLBI à 4.8 GHz são apresentadas pela imagem na figura N°13, a qual mostra que esta compacta radiofonte é dominada por uma componente não-resolvida e uma estrutura de jato à posição de aproximadamente  $25^\circ$ , de acordo com os resultados de Preston et al. [ 1989 ].

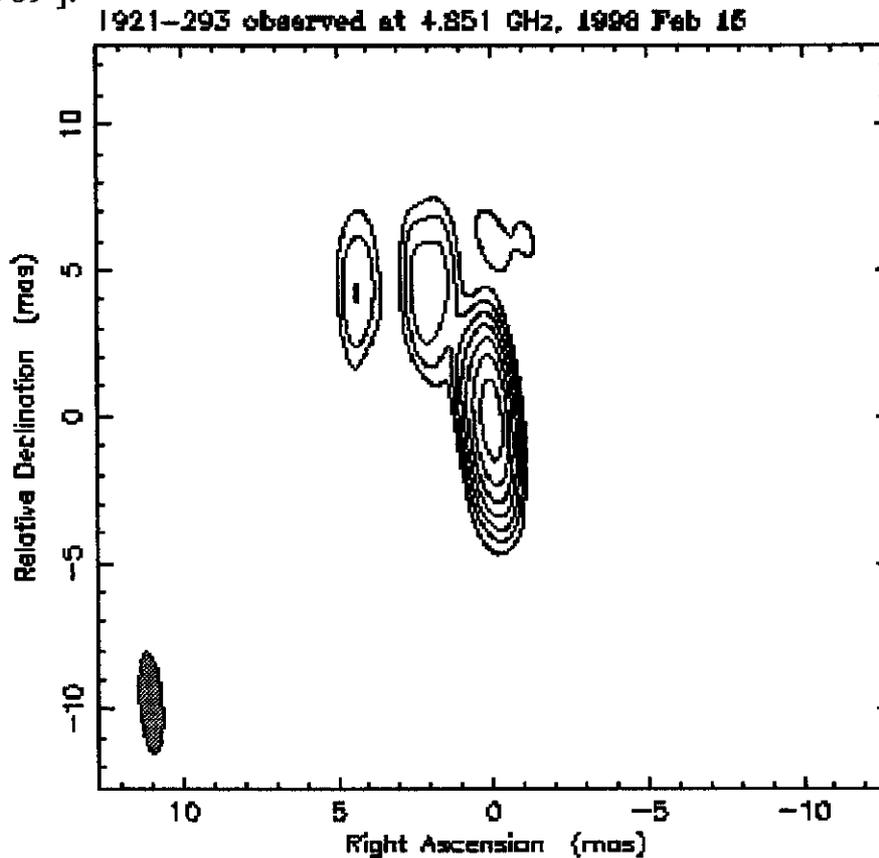


Figura N°13 – Observação de OV236 em VLBI a 4.8GHz

OV236 não pôde ser resolvida em VLA nas frequências 1.2 e 5 GHz, como observado por Pater, Schloerb e Johnston [ 1985 ] e Perley [ 1982 ], deste modo não foi possível realizar comparações entre as escalas de mas e arcosegundo para esta estrutura.

OV236 não pôde ser resolvida em VLA nas frequências 1.2 e 5 GHz, como observado por Pater, Schloerb e Johnston [ 1985 ] e Perley [ 1982 ], deste modo não foi possível realizar comparações entre as escalas de mas e arcosegundo para esta estrutura.

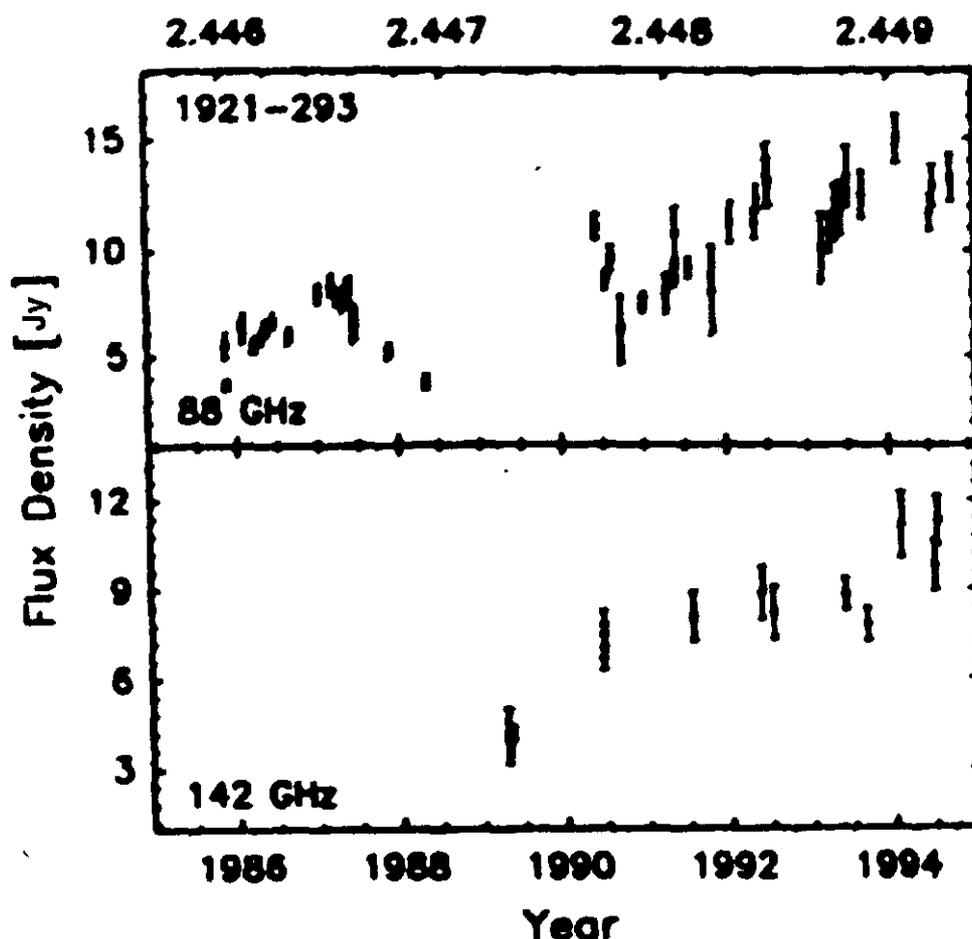


Figura N°14 – Comportamento de OV236 nas frequências 88, 142 GHz.

A fig. n°14 apresenta o comportamento de longo período do quasar OV236 em duas frequências: 88GHz e 142GHz. Nota-se um aumento na densidade de fluxo desse objeto com amplitude semelhante, apresentando correlação nessas duas frequências.

Na figura N°15 notamos que a fonte possui alta densidade de fluxo, com média de 18Jy.

Tem um período de aproximadamente 1ano e 4meses e apresenta uma densidade de fluxo máxima de 24.5Jy, atingida em 1994, e sugere uma diminuição de fluxo médio a partir do final de 1995.

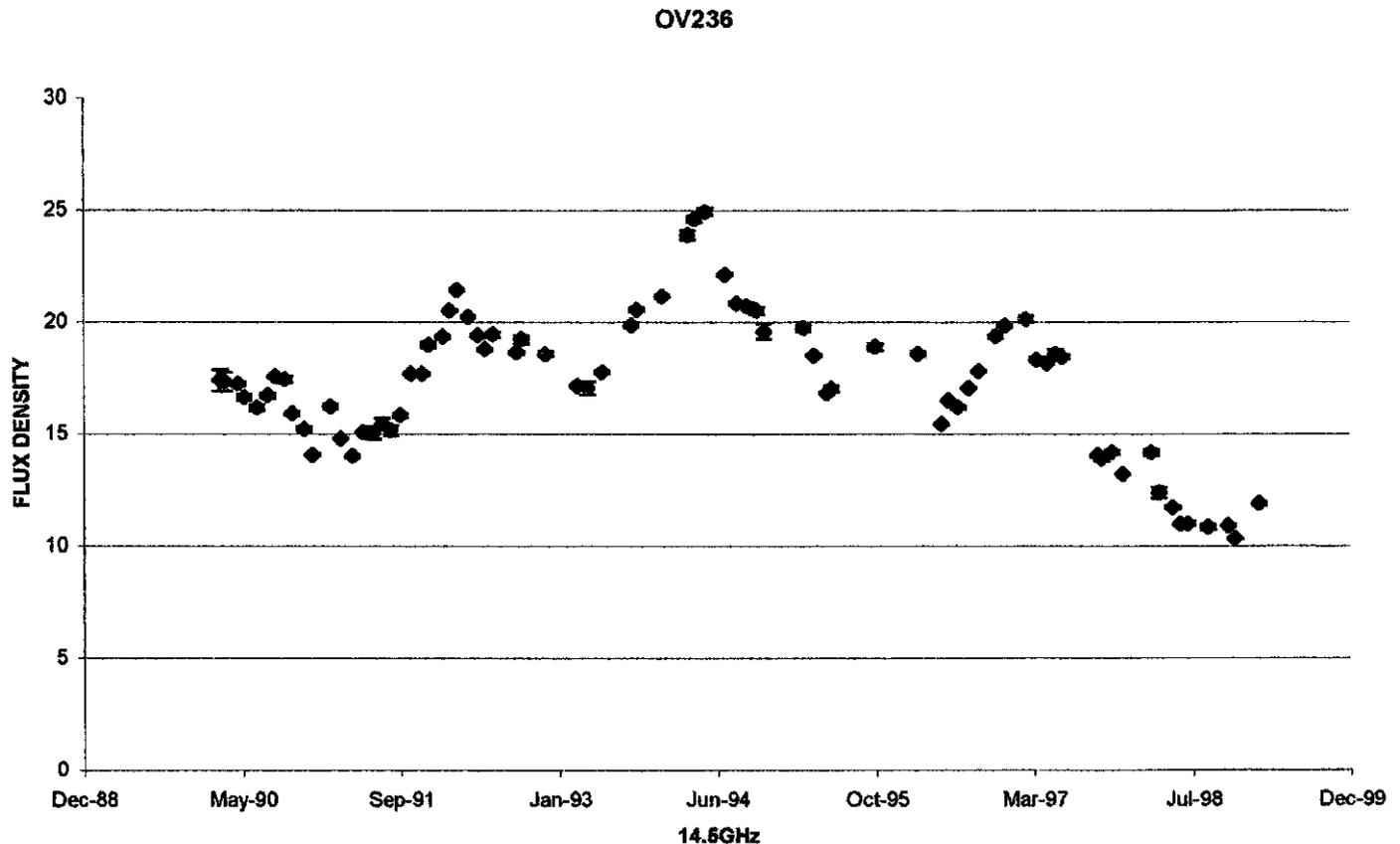


Figura N°15

Comparando-se os dados em 43GHz, 22GHz, 8.0GHz, 4.8GHz e 14.5GHz nota-se que os eventos iniciam-se em 43 - 22GHz, evoluindo para as frequências mais baixas ( Figura n°16 ). Isto é similar ao que ocorreu com outras fontes anteriormente pesquisadas. As variações são maiores em 22-43GHz que nas demais frequências.

O espectro apresentou grandes variações durante o período 1979-1988. A figura n°17 mostra que a fonte torna-se opticamente transparente em frequências acima de 20GHz.

Faz-se agora uma análise do comportamento de ov236 utilizando o modelo canônico, analisando-se o evento de novembro de 1984 em 22 GHz primeiramente. Por este modelo, a densidade de fluxo em 43 GHz deveria ser 2.2 vezes maior que em 22GHz, mas o que se observa no evento de 1984 é que a densidade de fluxo em 22GHz é 1.4 vezes maior

do que 43GHz. No entanto não se pode afirmar que este fator de 2.2 não tenha ocorrido, pois não houve um acompanhamento do evento em 43 GHz durante esta época. Ao se analisar o evento de dezembro de 1979, tem-se resultados mais compatíveis com a observação.

Analisando-se o evento, através do modelo canônico nas frequências de 8.0 e 14.5GHz nota-se que a densidade de fluxo em 14.5GHz é 1.5 vezes maior que em razão entre a densidade de fluxo em 14.5 e 8GHz de aproximadamente 1.2. Para o evento de 1979 em 22 GHz, devido à escassez de dados nesta época, não é possível determinar o máximo com exatidão (fig. nº16).

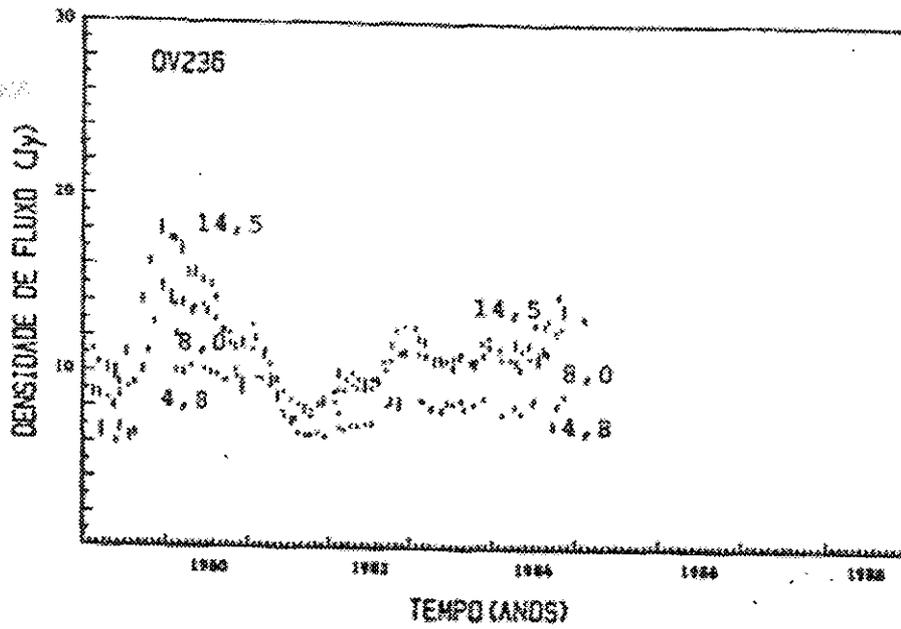
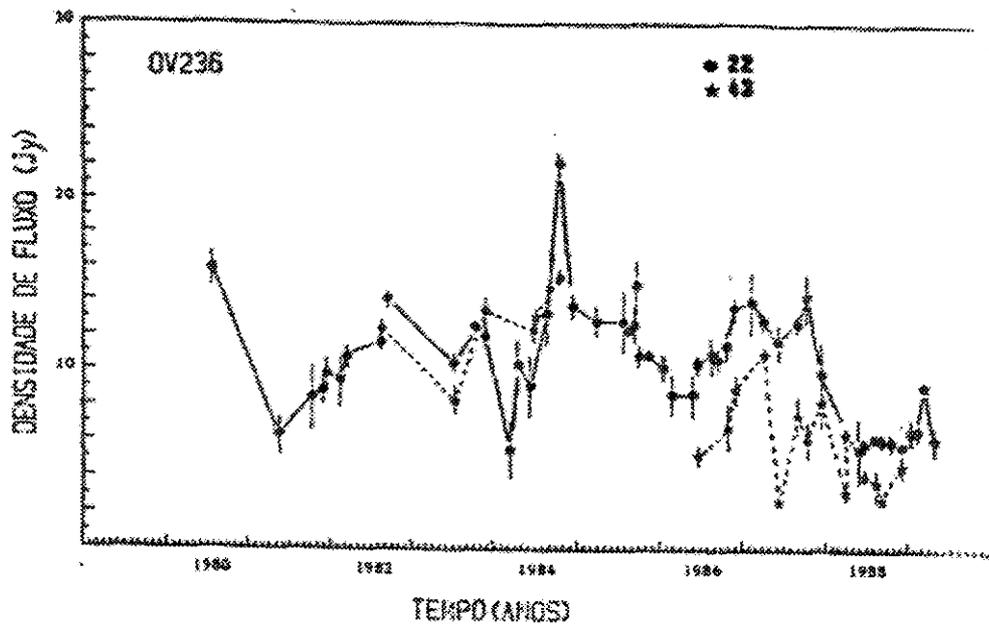
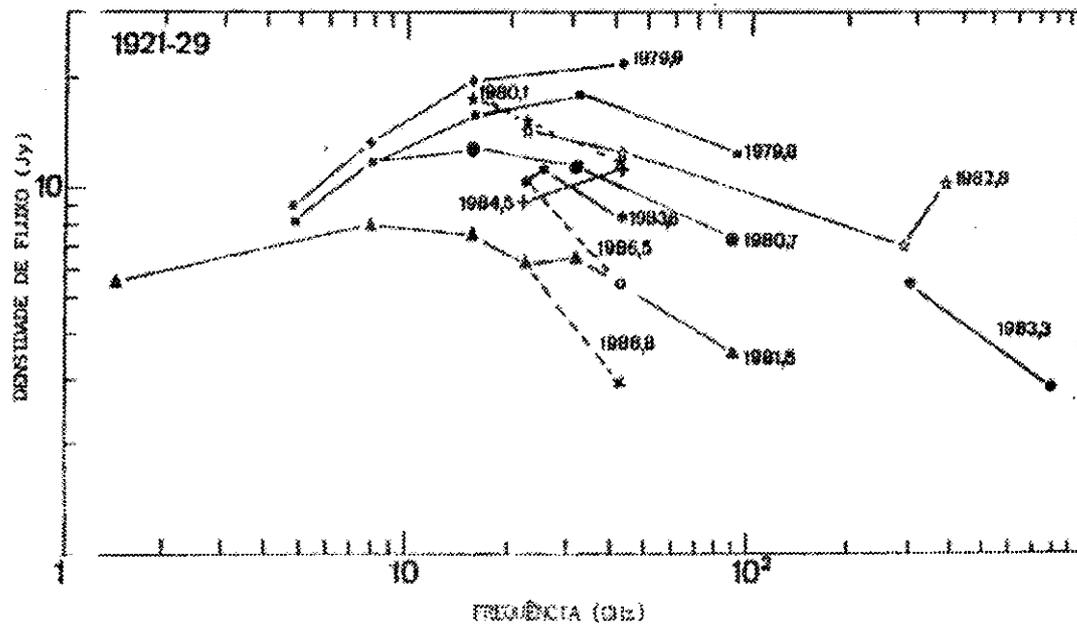


Fig. 16 – Comportamento de OV236 em 4.8 8.0 14.5 22 e 43GHz  
 Fonte: Aller et al. ( 1985 ) e Itapetinga (1989)



FONTE: Gear et al. (1984); O'Dea et al. (1983); Roellig et al. (1980); Haddock (1984) e Observatório de Itapetinga (1989).

**Fig nº 17 – Espectro de OV 236 em diferentes épocas.**

## V - Atual estado do rádio-observatório

O radiotelescópio foi submetido a troca da redoma que devido ao seu uso prolongado apresentou infiltrações.

O trabalho final de manutenção e ajustes será concluído provavelmente no segundo semestre.

## VI - Seminários Assistidos

- 06/10/1998 - Dr. José Williams dos Santos Vilas-Boas: Observações do cometa Hale-Bopp

- 27/10/1998 - Dr. Luiz Claudio Lima Botti : Quasares

- 28/3/2000 - Dr. Rodolpho Vilhena de Moraes (FEG/UNESP):

Determinação de Órbitas com GPS

- 4/4/2000 - Dr. Carlos Alexandre Wuensche (DAS/INPE): Cosmologia no Séc XXI - o que ainda podemos aprender com o estudo da Radiação Cósmica de Fundo

- 11/4/2000 - Dr. Jean-Pierre Raulin (CRAAM/Mackenzie): A sobre-resolução de fontes com o Interferômetro Solar do Rádio Observatório de Owens Valley (OVRO)

- 25/4/2000 - Dr. Joaquim E. R. Costa (CRAAE/INPE): Novo arranjo de receptores em 48 GHz do Itapetinga

- 2/5/2000 - Dra. Zulema Abraham (IAG/USP): Buracos negros binários no núcleo dos quasares

- 9/5/2000 - Dr. Thyrso Villela (DAS/INPE): MASCO: um experimento para obter imagens do céu em raios-X e gama

- 13/6/2000 - Dra. Edith Marinho (DGE/INPE): Gases Minoritários na Atmosfera: Efeito Estufa e Buraco de Ozônio

## VII - Seminários apresentados

*“Uma nova visão dos quasares”* – 29/09/1998

*“Jatos Cósmicos”* – 20/10/1998

*“Red shift”* – 18/05/1999

## VIII - Fontes Observadas

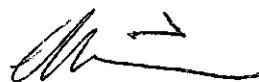
Com o intuito de aprendizado foram observadas as seguintes radiofontes com a antena do Itapetinga em 43GHz: Virgo A, 3C273, Júpiter, 0402\_36, Centaurus A.

## IX – Artigos Estudados

- Optical monitoring of quasars – I. Variability  
Aurea Garcia, Laerte Sodré Jr, Francisco J. Jablonski, and Roberto J. Terlevich
  
- Long- Term Variability of 3c 273 at 22 and 44 GHz  
L. C. L. Botti and Z. Abraham
  
- A Brief History of Active Galactic Nuclei  
Gregory A. Shields

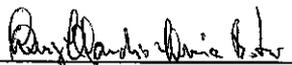
## X - Referências

- Aller, H. D., Hughes, P. A., Aller, M. F., BAAS, 184, 874, 1994
- Botti e Abraham, in Valtaoja E., Valtonen, M. J. eds, Variability of Blazars, Cambridge Univ. Press Cambridge 1970 1991
- Botti e Abraham, Mon. Not R. Astron. Soc., 264, 807-812, 1993
- Cooper et al., Australian Journal of Physics 18 (6), 589-625, 1965
- Fanti Padrielli et. al., Extragalactic radio sources; Proceedings of a symposium held in Albuquerque, NM, aug. 3-7 1981. Dordrecht, D. Reidel, 1982 p. 317-324. ( IAU Symposium, 97 ).
- Hughes, P. A. Aller, H. D., Aller, M. F., Ap. J., 341, 68, 1989
- Mutel, R. L. et. al., Ap. J., 352, 81, 1990
- Mutel, R. L. et. al., in Proc. NRAO Workshop 23, Compact Extragalactic Radio Sources, 191, 1994
- Perley, R. A., AJ, 87, 859, 1989
- Price e Stull, Nature, 245, 83, 1973
- Pica, A. J., Smith, A. G., Webb, J.R., Leacock, R.J., Clements, S., & Gombola, P.P., AJ, 96, 1215, 1988
- Preston, R.A. et al., Aj, 98, 1, 1989
- Reuter at al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser, 122, 271-276, 1997
- Sillanpaa, A. et al., Ap. J., 325, 628, 1988
- Terrell, Ap. J., 300 (2) : 669-674, 1986
- Wade et al., Ap. J., 170 (1) : L11-L13, 1971



---

**Cassius Vinicius Lisboa Albieri**



---

**Dr. Luiz Claudio Lima Botti**

**São Paulo 30 de junho de 2000**