



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16638-RPQ/843

SERIES TEMPORAIS DO QUASAR 3C 273

José Huisacayna Soto

Relatório final da disciplina Princípios e Aplicações de Mineração de Dados
(CAP-359) do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, ministrada
pelo professor Rafael Santos.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/10.30.13.04>>

INPE
São José dos Campos
2009

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

AGRADECIMENTOS

Parte dos dados utilizados neste trabalho proveem do Rádio Observatório de Itapetinga, e do University of Michigan Radio Astronomy Observatory financiado pela Universidade de Michigan e por uma série de doações da National Science Foundation, mais recentemente AST-0607523.

RESUMO

O quasar 3C 273 é um dos objetos mais amplamente observados, em quase todas as faixas do espectro eletromagnético, estando disponível a base de dados dessas observações na rede internet. Nesta base de dados encontra-se as medições de quase 40 anos de observação, nas frequências desde rádio até raios gamma. Fazendo uso desta base de dados disponível e as técnicas de mineração de dados, tenta-se encontrar correlações entre as emissões em diferentes frequências observadas e deste modo determinar os processos físicos envolvidos.

TIME SERIES OF QUASAR 3C 273

ABSTRACT

The quasar 3C 273 is one widely observed, in almost all electromagnetic spectra. The data is available on the world wide web. In that data base one find the measure of almost 40 years of observations, in frequencies from radio to gamma ray. With that data base and data mining techniques, we try to find some correlations between the emissions on different frequencies and then to find the physic process involved.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1 – Modelo unificado das AGNs.....	4
Figura 2.1 – Imagem do quasar 3C 273. Composição da imagem no ótico com contornos em rádio.....	6
Figura 4.1 – Distribuição espectral média de energia de 3C 273, desde rádio até os raios gamma, a partir das observações entre 4 e 44 anos.....	8
Figura 4.2 – Observações da base de dados como função da frequência. A cor indica a intensidade do fluxo observado.....	9
Figura 5.1 – Curvas de Luz nas bandas de frequência de rádio observadas....	13
Figura 5.2 – Curvas de Luz da Fig. 5.1, com a escala de fluxo em rádio arbitrária, para uma melhor visualização.....	13
Figura 5.3 – Média mensal das observações em rádio (1).....	14
Figura 5.4 – Média mensal das observações em rádio (2).....	15
Figura 5.5 – Gráficos de correlação entre os fluxos medidos nas bandas de frequência de rádio observadas. Nos eixos horizontal e vertical estão graficados os fluxos de emissão.....	16
Figura 5.6 – Histogramas de emissão de energia nas bandas de frequência em rádio (1)	17
Figura 5.6 – Histogramas de emissão de energia nas bandas de frequência em rádio (2)	18

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1INTRODUÇÃO	1
2O OBJETO 3C 273	4
2.1 Características Gerais	4
2.2 Variabilidade de 3C 273	6
3OBJETIVO DO TRABALHO	7
4A BASE DE DADOS DE 3C 273 E METODOLOGIA	8
4.1 Descrição da Base de Dados	9
4.2 Seleção dos dados	12
4.3 A metodologia	12
5RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	12
6CONCLUSÕES E PROJETOS FUTUROS	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
APÊNDICE A – TABELA DA MÉDIA MENSAL DOS FLUXOS EM RÁDIO...20	

1 INTRODUÇÃO

Dentre dos vários tipos de galáxias, existem algumas que apresentam características especiais, não apenas na sua morfologia, mas na forma de emissão da energia. Estas galáxias apresentam um núcleo pequeno ($< 1 \times 10^{-4}$ pc)¹ e muito brilhante com intensa emissão de energia ($> 10^{11} L_{\odot}$)², diferente da emissão de energia por estrelas normais, estas galáxias têm o nome de Galáxias de Núcleo Ativo ou Núcleos Ativos de Galáxias ou AGN (do inglês *Active Galactic Nuclei*).

Entre outras características das AGNs temos:

- Espectro contínuo, dominado por processos não térmicos, com excesso de fluxo de energia na região dos raios X, ultravioleta, infravermelho e rádio, se comparado às galáxias normais.
- Variabilidade rápida da emissão contínua e das linhas de emissão.
- Espectro com linhas de emissão intensa e linhas permitidas largas.

As AGNs são classificadas em AGNs com emissão intensa em ondas de rádio (*radio-loud*) e AGNs com emissão fraca em rádio (*radio-quiet*). Kellermann et al. (1989) fornece uma classificação quantitativa a partir das densidades de fluxo de energia em rádio e no ótico: AGNs *radio-loud* tem razões de densidade de fluxo entre $0 < R_{r-o} < 1$ para as AGNs *radio-quiet* e razões entre $10 < R_{r-o} < 1000$ para as AGNs *radio-loud*.

¹ pc = 3,26 anos luz $\approx 3,1 \times 10^{13}$ km

² $L_{\odot} = 3,83 \times 10^{33}$ erg/s

As AGNs *radio-quiet* por sua vez se classificam em (Wikipedia):

- a) Galáxias com regiões de linhas de emissão nuclear de baixa ionização (LINERs). Estas galáxias constituem o tipo de AGN *radio-quiet* de mais baixa luminosidade, mostrando regiões com linhas fracas de emissão nuclear. Ainda existem dúvidas se este tipo de galáxias são realmente AGNs, isto é, galáxias ativas induzidas por acreção sobre um buraco negro supermassivo. As LINERs são principalmente galáxias elípticas, lenticulares ou espirais de tipo S0/a.
- b) Galáxias Seyfert. Galáxias que mostram um contínuo de emissão no ótico, linhas de emissão estreitas e linhas de emissão largas (algumas vezes), emissão em raios X intensos e, também algumas vezes, jatos de rádio de pequena escala. Por sua vez, as galáxias Seyfert estão classificadas em galáxias Seyfert 1 e Seyfert 2. As galáxias de tipo Seyfert 1 apresentam intensas linhas de emissão largas, enquanto que as galáxias Seyfert 2 não têm este tipo de linhas. As galáxias hospedeiras das Seyfert são galáxias de tipo espiral ou irregular.
- c) Quasares/QSOs *radio-quiet*. Estes objetos apresentam sempre intensa emissão contínua no ótico, emissão de raios X contínua e linhas de emissão estreitas e largas. Originalmente, os quasares foram denominados objetos quase-estelares, devido a sua aparência nas imagens óticas, devido a que sua luminosidade era maior à da sua galáxia hospedeira. Alguns astrônomos utilizam o termo QSO (objeto quase-estelar) para este tipo de AGN, enquanto que o termo “quasar” é utilizado para os do tipo *radio-loud*. Os quasares *radio-quiet* são encontrados em galáxias elípticas, espirais ou irregulares.

As AGNs *radio-loud* estão classificadas em:

- a) Quasares *radio-loud*. Adicionalmente às características dos quasares *radio-quiet*, estes objetos apresentam também um jato de emissão em

rádio. Assim, apresentam intensa emissão contínua no ótico, linhas de emissão largas e estreitas, emissão intensa em raios X.

b) Blazars (Objetos BL Lac e quasares OVV). Estes tipos de AGNs se caracterizam pela rápida variabilidade da emissão, desde rádio até raios gamma, polarização ótica, e emissão de radiação em radio e raios X. Os objetos BL Lac não apresentam linhas de emissão óticas, estreitas nem largas. Os quasares OVV (do inglês *Optically Violent Variable*), além da característica de quasar *radio-loud*, apresentam a componente ótica rapidamente variável. Acredita-se que a variabilidade é devida à orientação de um jato relativístico de rádio na direção próxima da linha de visada.

c) Rádio-galáxias. Estas AGNs são muito luminosas nas ondas de rádio apresentando uma emissão estendida, determinada pela interação entre os jatos emitidos e o meio externo e efeitos relativistas. Este tipo de objeto ocorre principalmente em galáxias elípticas.

Com base nesta classificação observacional, tem se proposto um único modelo que reúne numa classe só todos os tipos de AGNs, mas observados sob diferentes condições, chamado de Modelo Unificado. Segundo este modelo (descrito por Urry e Padovani, 1995) a energia potencial gravitacional de um buraco negro, localizado no centro da galáxia, seria a fonte da luminosidade das AGNs. A matéria puxada na direção do buraco negro perde momento angular a traves de processos turbulentos ou de atrito num disco de acréscimo, causando a emissão ultravioleta ou ainda raios X. As linhas de emissão intensas no ótico e no ultravioleta são produzidas em nuvens de gás que se movem rapidamente no potencial do buraco negro, chamadas “nuvens de linhas largas”. Esta radiação poderia ser oculta da linha de visada por um toro de gás e poeira longe do disco de acréscimo e da região de linhas largas. Longe do toro, nuvens de movimento lento produzem as linhas de emissão

estreitas. Um fluxo de partículas energéticas escapa ao longo dos pólos do toro formando um jato que emite em ondas de rádio.

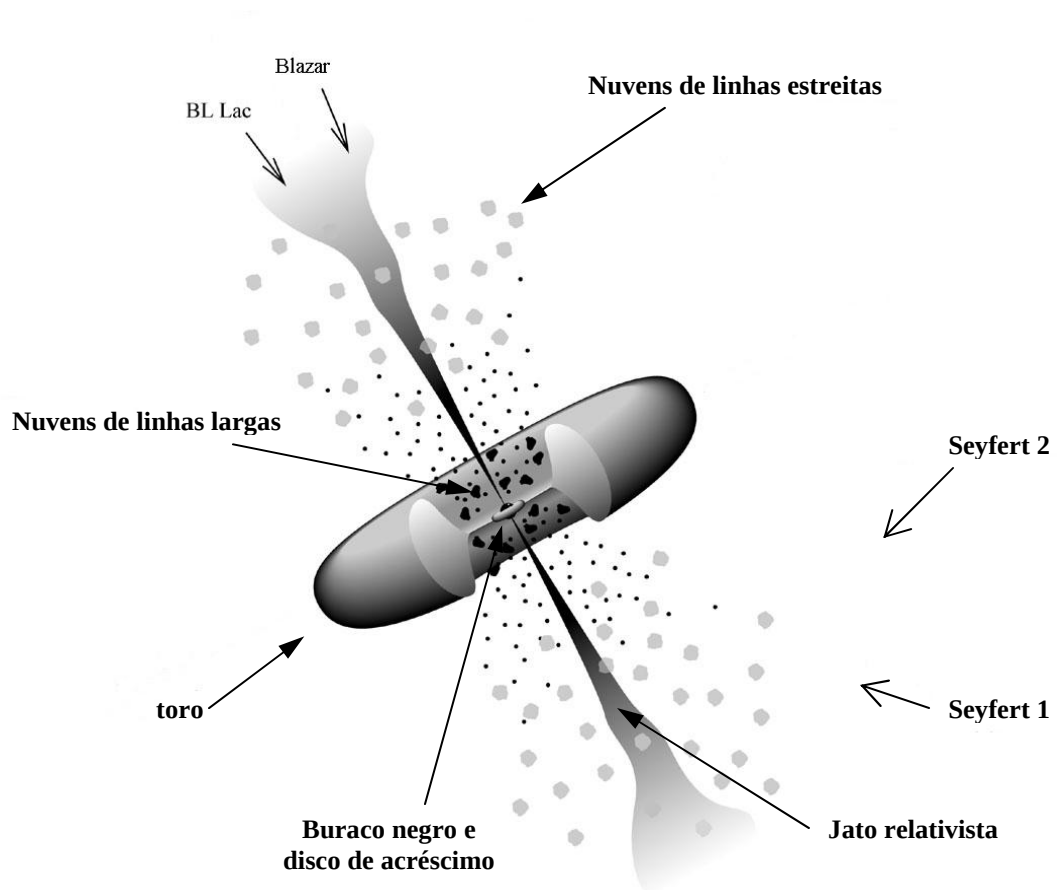


Figura 1.1. – Modelo Unificado das AGNs.

Fonte: adaptada de Torres e Anchordoqui (2004).

2 O OBJETO 3C 273

2.1 Características Gerais

O objeto 3C 273, é o objeto de número 273 no terceiro Catálogo de Cambridge de fontes de rádio publicado em 1959, foi denominado como quasar (palavra formada por “*QUASI-stellar radio sources*”) devido a sua aparência estelar quando observado por telescópios óticos. Em 1963 Maarten Schmidt

determinou que 3C 273 tinha um *redshift* apreciável que o colocava a vários bilhões de anos luz.

O objeto 3C 273 é o quasar mais brilhante da esfera celeste, magnitude $m = 12.9$, está localizado na constelação de Virgo, foi o primeiro quasar a ser identificado como tal. Com um deslocamento para o vermelho (*redshift*) de $z = 0.158$, é o quasar mais próximo, correspondendo a uma distância de 749 Mpc. Sua massa foi calculada em aproximadamente $886 \times 10^6 M_{\odot}$ ³. 3C 273 está localizado próximo ao Equador celeste e por este motivo que pode ser observado desde os dois hemisférios, também por ter um brilho suficiente pode ser observado por grandes telescópios amadores.

O quasar 3C 273 apresenta um jato (Fig. 2) de material de grande escala, de aproximadamente 200.000 al⁴, formado, provavelmente, pela interação entre o buraco negro central e o disco de acreção. O jato de partículas (elétrons, prótons e íons mais pesados), acelerados a velocidades próximas da luz provavelmente pelos campos magnéticos de próprio buraco negro, interage com o campo magnético do meio interestelar e o meio intergaláctico, produzindo radiação em quase todos os comprimentos de onda, pelo processo chamado emissão de sincrotron. Contrário a outros objetos, o jato do 3C 273 não apresenta uma contrapartida oposta, nas escalas de parsec ou kilo-parsec. O jato do quasar 3C 273 possui porções internas que mostram características

³ $1M_{\odot} = 1,989 \times 10^{33} \text{ g}$

⁴ al = ano luz $\cong 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$

de movimento “superluminal”, que pode ser devido a movimentos relativísticos próximos à linha de visada (Bahcall, et al, 1995).

O quasar 3C 273 emite intensamente em radio, além de emitir em todas as frequências, desde radio até os raios gamma, e é por isto que é este objeto foi amplamente monitorado desde sua descoberta até o presente.

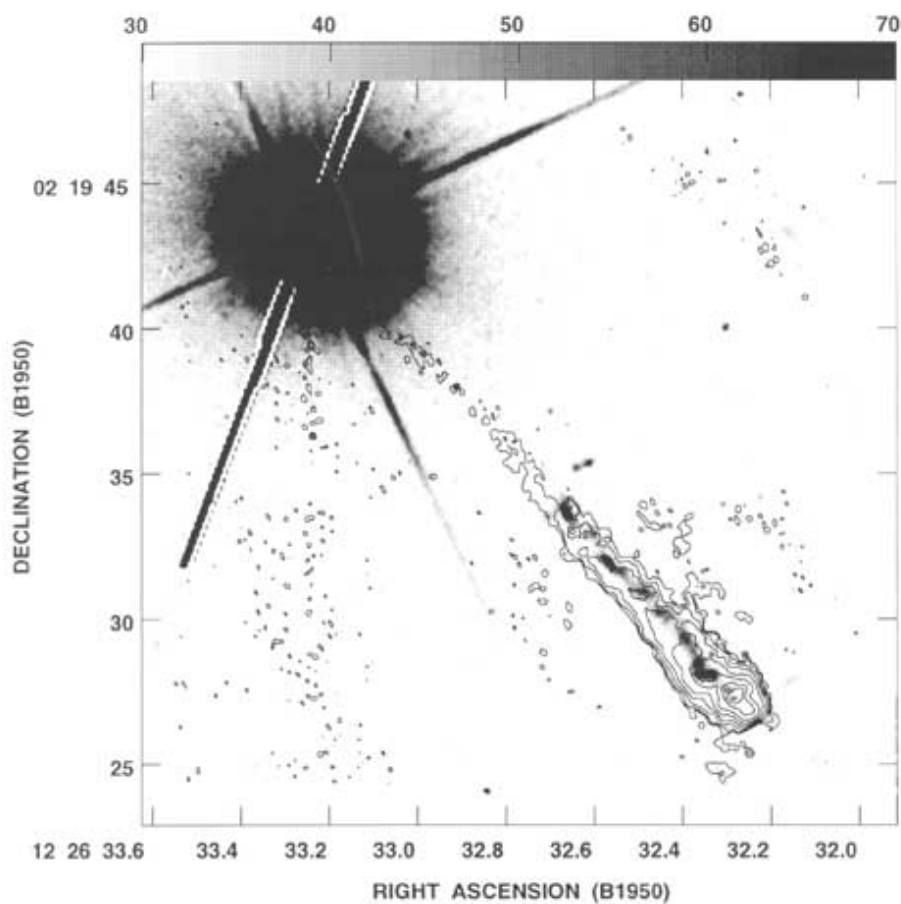


Figura 2.1. – Imagem do quasar 3C 273. Composição da imagem no ótico com contornos em rádio.
Fonte: Bahcall et al (1995).

2.2 Variabilidade de 3C 273

Os AGNs, em geral, produzem grandes quantidades de luminosidade dentro de volumes compactos e sua luminosidade tem características de variabilidade em

escalas de tempo de horas até anos. Esta combinação de alta luminosidade com a variabilidade em escalas de tempo curtas implica que, a energia dos AGNs se produz por fenômenos mais eficientes, em termos de energia liberada por unidade de massa, do que por processos estelares. Este argumento básico conduz à idéia de que nos núcleos dos AGNs estão presentes buracos negros massivos (Ulrich, et al, 1997). Deste modo, estudos da variabilidade da luminosidade são importantes para a compreensão da física das regiões centrais dos AGNs.

Em particular 3C 273 é um quasar *radio-loud*, isto é, que 3C 273 é um intenso emissor nas frequências de rádio e um fluxo altamente variável em todos os comprimentos de onda, além de possuir um jato com movimento aparente superluminal e polarização da emissão ótica. Estas características fazem que 3C 273 seja classificado como um *blazar* (Soldi et al, 2008). Segundo Soldi et al, (2008), vários processos físicos estão envolvidos na emissão de cada região do espectro, assim a emissão em radio e ondas milimétricas deve-se a processos abruptos da emissão sincrotron que domina até a região infravermelha e ótica. O contínuo quiescente no infravermelho é devido à emissão térmica por poeira. A presença de um disco de acreção ou de uma coroa quente pode ser responsável de emissão brilhante nas bandas ótica e ultravioleta. Processos Compton inverso do plasma do disco de acreção ou de uma coroa e do plasma associado com o jato gerariam a emissão em raios X e gamma. Na Fig. 3 se mostra a distribuição espectral de energia e a variabilidade dentro de 44 anos de observação.

3 OBJETIVO DO TRABALHO

Sendo que, o primeiro passo para a pesquisa é determinar as características, regularidades ou tendências de uma base de dados, faz-se necessária uma análise dos dados, deste modo em base a técnicas de mineração de dados, o

objetivo é encontrar as possíveis correlações ou tendências entre os dados do quasar 3C 273 observados em diferentes bandas de frequência.

4 A BASE DE DADOS DE 3C 273 E METODOLOGIA

Para o presente trabalho se utilizou a base de dados coletada nos últimos 40 anos de observação do quasar 3C 273, esta constituída por dados publicados e não publicados e reunidas e acessíveis na *World Wide Web (WWW)*, hospedado pela ISDC, Data Centre for Astrophysics⁵.

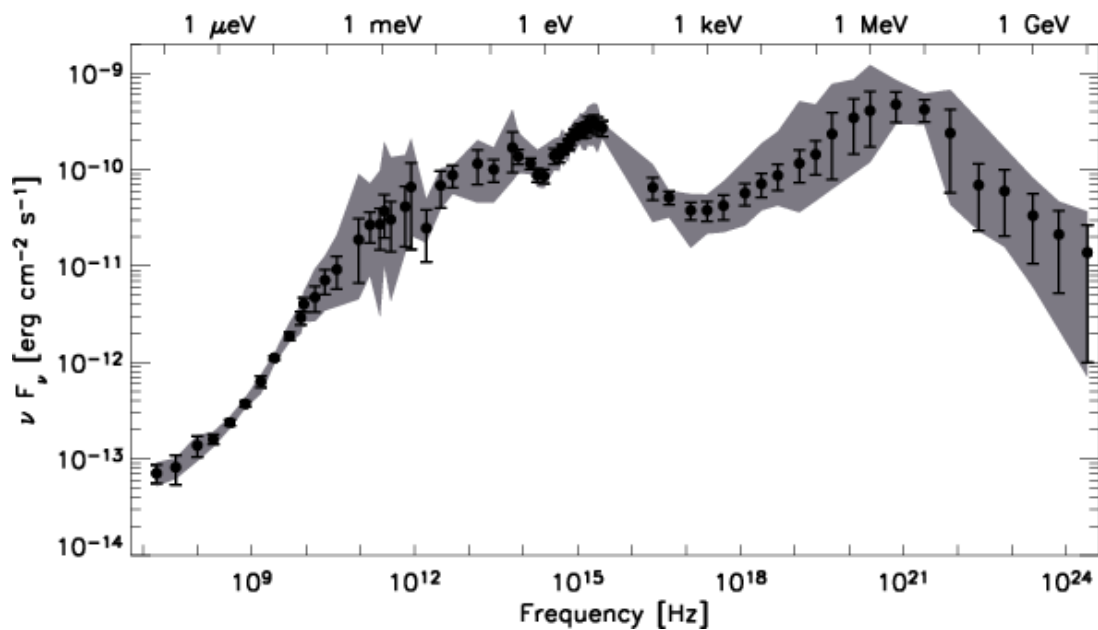


Figura 4.1 – Distribuição espectral média de energia de 3C 273, desde rádio até os raios gamma, a partir das observações entre 4 e 44 anos.

Fonte: Soldi et al (2008).

⁵ Base de dados acessível em <http://isdc.unige.ch/3c273/>

Esta base de dados é completa até 2007, em alguns casos até 2006, exceto no ultravioleta. Dois artigos descrevem as características desta base de dados, de Türlér, et al, (1999) e de Soldi, et al (2008).

4.1 Descrição da Base de Dados

A base de dados de 3C 273 esta composta de dados do fluxo luminoso em Jansky, nas bandas milimétricas, de rádio, infravermelha, ótica, ultravioleta, de raios X e de raios gamma, observadas em diferentes datas. Este tipo de dados de fluxo luminoso em função da data observada denomina-se curva de luz. Os dados estão ordenados em tabelas para cada banda do espectro eletromagnético, que incluem a época de observação, a frequência, o comprimento de onda, o fluxo, o erro do fluxo, o observatório em que foi feita a observação e a referência. Na Fig. 4 estão representadas todas as observações da base de dados como função da frequência

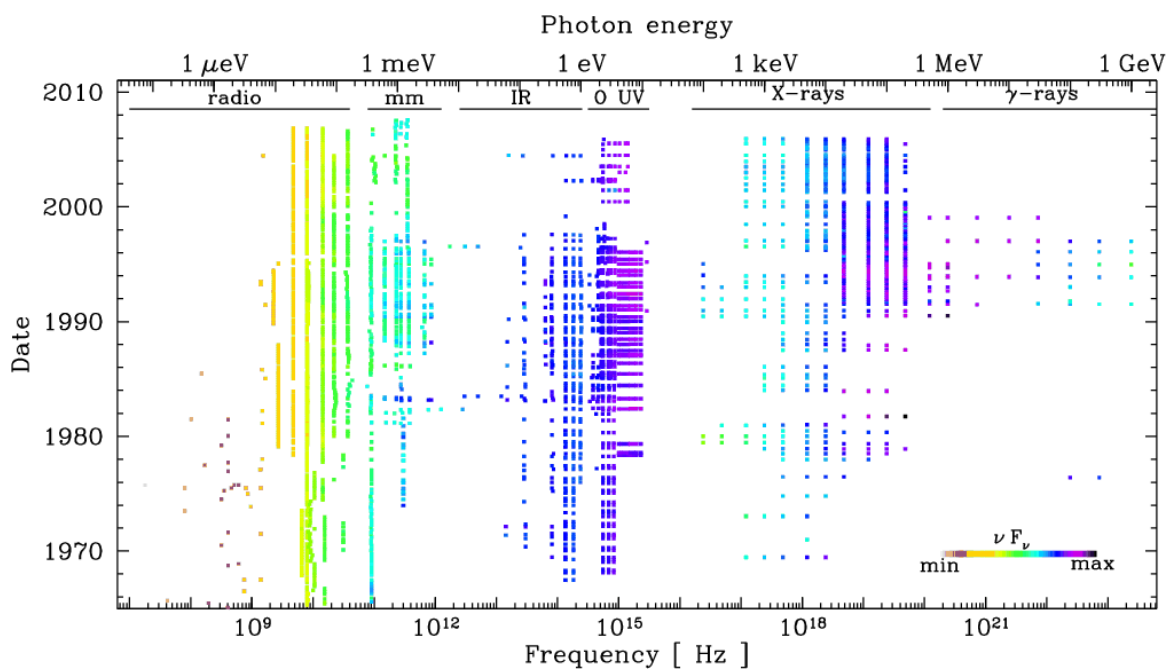


Figura 4.2 – Observações da base de dados como função da frequência. A cor indica a intensidade do fluxo observado.
Fonte: Soldi et al (2008).

Na tabela seguir, se mostra as curvas de luz denominadas, na primeira coluna,

pela banda de frequência de observação, na segunda coluna o tempo de observação, na terceira coluna o número de observações, na quarta coluna a frequência (em Hz) de observação, na quinta coluna o comprimento de onda (em cm) e na sexta coluna o fluxo médio da emissão (em Jy).

Tabela 3.1 – Característica das tabelas de Curvas de Luz

Curva de Luz	Data de observação	Nº obs	Frequência (Hz)	Comprim. onda (cm)	Fluxo médio (Jy)
R/0.02GHz	1975-1975	5	1.78e+07	3.97e+02	8.61e+01
R/0.04GHz	1965-1966	2	3.98e+07	2.05e+02	6.97e+01
R/0.1GHz	1962-1981	4	9.95e+07	1.38e+02	3.36e+01
R/0.2GHz	1963-1985	8	1.95e+08	8.19e+01	9.28e+00
R/0.4GHz	1962-1981	17	3.97e+08	5.98e+01	4.30e+00
R/0.8GHz	1963-1975	11	7.58e+08	4.89e+01	3.21e+00
R/1.5GHz	1962-2004	15	1.48e+09	4.28e+01	5.85e+00
R/2.5GHz	1964-1995	123	2.59e+09	4.25e+01	2.05e+00
R/5GHz	1967-2006	870	4.92e+09	3.80e+01	3.59e+00
R/8GHz	1963-2006	1568	8.00e+09	3.64e+01	5.72e+00
R/10GHz	1965-1994	293	8.25e+09	4.43e+01	7.47e+00
R/15GHz	1963-2006	1286	1.46e+10	3.25e+01	9.57e+00
R/22GHz	1976-2004	1099	2.23e+10	3.20e+01	9.18e+00
R/37GHz	1970-2006	1259	3.68e+10	2.50e+01	9.33e+00
MM/3.3mm	1965-2006	1548	9.30e+10	2.01e+01	1.30e+01
MM/2mm	1981-2004	204	1.50e+11	1.78e+01	6.30e+00
MM/1.3mm	1981-2007	545	2.30e+11	1.18e+01	5.40e+00
MM/1.1mm	1973-2007	322	2.76e+11	1.35e+01	6.38e+00
MM/0.8mm	1981-2007	496	3.62e+11	8.37e+00	4.49e+00
MM/0.45mm	1982-1996	79	6.72e+11	6.14e+00	3.78e+00
MM/0.35mm	1983-1995	17	8.57e+11	7.69e+00	5.97e+00
IR/200um	1982-1996	5	1.64e+12	1.51e+00	8.38e-01
IR/100um	1982-1996	7	3.01e+12	2.28e+00	9.40e-01
IR/60um	1983-1996	4	5.00e+12	1.75e+00	4.55e-01
IR/Q	1971-2004	17	1.46e+13	7.99e-01	3.12e-01
IR/N	1970-2004	75	2.87e+13	3.51e-01	9.24e-02
IR/M	1983-1993	33	6.32e+13	2.68e-01	1.21e-01
IR/L	1969-2004	165	8.07e+13	1.69e-01	2.95e-02
IR/K	1967-2004	350	1.36e+14	8.54e-02	1.09e-02
IR/H	1967-2004	317	1.82e+14	4.84e-02	7.91e-03
IR/J	1976-2004	280	2.40e+14	3.57e-02	6.01e-03
O/I	1982-2002	93	3.71e+14	3.78e-02	7.03e-03
O/R	1977-2002	185	4.62e+14	3.04e-02	4.57e-03
O/G	1985-2003	438	5.17e+14	3.19e-02	3.40e-03
O/V	1968-2005	730	5.50e+14	2.92e-02	3.37e-03

O/V1	1985-2003	438	5.56e+14	2.95e-02	3.27e-03
O/B2	1985-2003	438	6.71e+14	2.69e-02	3.31e-03
O/B	1968-2005	755	6.91e+14	2.70e-02	3.28e-03
O/B1	1985-2003	438	7.49e+14	2.76e-02	3.47e-03
O/U	1968-2005	680	8.59e+14	2.69e-02	3.59e-03
UV/3000A	1978-2005	210	1.00e+15	2.49e-02	3.52e-03
Curva de Luz	Data de observação	Nº obs	Frequência (Hz)	Comprim. onda (cm)	Fluxo médio (Jy)
UV/2700A	1978-1996	199	1.11e+15	2.33e-02	3.52e-03
UV/2425A	1978-2005	210	1.24e+15	2.03e-02	3.41e-03
UV/2100A	1978-2005	191	1.43e+15	1.85e-02	3.41e-03
UV/1950A	1978-1996	237	1.54e+15	1.94e-02	3.47e-03
UV/1700A	1978-1996	238	1.76e+15	1.68e-02	3.32e-03
UV/1525A	1978-1996	239	1.97e+15	1.57e-02	3.07e-03
UV/1300A	1978-1996	235	2.31e+15	1.25e-02	2.63e-03
UV/1050A	1990-1996	3	2.85e+15	9.43e-03	1.77e-03
X/0.1keV	1990-1995	20	2.42e+16	2.70e-04	7.11e-05
X/0.2keV	1980-1993	18	4.84e+16	1.03e-04	2.02e-05
X/0.5keV	1979-2005	58	1.21e+17	3.12e-05	6.28e-06
X/1keV	1978-2005	69	2.42e+17	1.56e-05	3.55e-06
X/2keV	1974-2005	93	4.84e+17	8.74e-06	2.55e-06
X/5keV	1970-2005	1032	1.21e+18	4.71e-06	1.22e-06
X/10keV	1974-2005	1026	2.42e+18	2.94e-06	8.18e-07
X/20keV	1976-2005	987	4.84e+18	1.80e-06	6.05e-07
X/50keV	1977-2005	1002	1.21e+19	9.58e-07	3.40e-07
X/100keV	1978-2005	1001	2.42e+19	5.94e-07	2.31e-07
X/200keV	1978-2005	42	4.84e+19	6.01e-07	3.64e-07
X/500keV	1990-1999	15	1.21e+20	2.85e-07	1.65e-07
X/1MeV	1990-1999	20	2.42e+20	1.72e-07	9.90e-08
X/3MeV	1991-1999	9	7.25e+20	7.40e-08	2.44e-08
X/10MeV	1993-1999	8	2.42e+21	1.77e-08	4.69e-09
X/30MeV	1991-1999	17	7.25e+21	3.29e-09	2.50e-09
X/100MeV	1976-1997	28	2.42e+22	3.61e-10	2.62e-10
X/300MeV	976-1997	16	7.25e+22	8.26e-11	5.45e-11
X/1GeV	1991-1997	15	2.42e+23	1.38e-11	9.42e-12
X/3GeV	1991-1997	15	7.25e+23	2.93e-12	2.21e-12
X/10GeV	1991-1997	14	2.42e+24	5.69e-13	5.28e-13

As datas de observação estão dadas com uma exatidão de até horas em Tempo Universal, expressa no formato yyyyymmdd.hh, também está dada a data expressa em frações de ano, derivado da data Juliana (JD), segundo a seguinte relação

$$\text{Data} = 2000.0 + (\text{JD} - 2451544.5)/365.25 \quad (1)$$

4.2 Seleção dos dados

As tabelas de dados das Curvas de Luz têm características que não são homogêneas em relação à quantidade de observações realizadas, deste modo, foi necessário, para os resultados preliminares, selecionar aquelas bandas de frequência em que houvesse uma maior quantidade de dados.

As bandas de frequências em rádio em 2.5 GHz, 5 GHz, 8 GHz, 10 GHz, 15 GHz, 22 GHz e 37 GHz são as que melhor obedecem este critério de escolha e cujos dados se estendem por uma quantidade maior de tempo em anos observados.

A pesar de ter dados, nas frequências em rádio, desde o ano de 1963, em alguns casos, os dados considerados foram tomados a partir de 1979 em diante (2006), devido a que em anos anteriores a 1979, a quantidades de dados na maior parte da base de dados é escassa.

4.3 A metodologia

Com objetivo de encontrar correlações entre os dados far-se-ão gráficos que mostrem alguma relação entre os dados para depois obter conclusões. Com este objetivo se utilizaram ferramentas computacionais elaborando programas em linguagem C, C++ para a manipulação dos dados e *scripts* em Octave e Gnuplot para a criação de gráficos

5 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

As tabelas de curvas de luz em rádio, não mostram uma homogeneidade em relação às datas de observação, apresentando observações esparsas durante um mês, com um, dois ou mais números de observações ou sem observações e em número diferente para cada mês. A explicação para este fato é que é uma

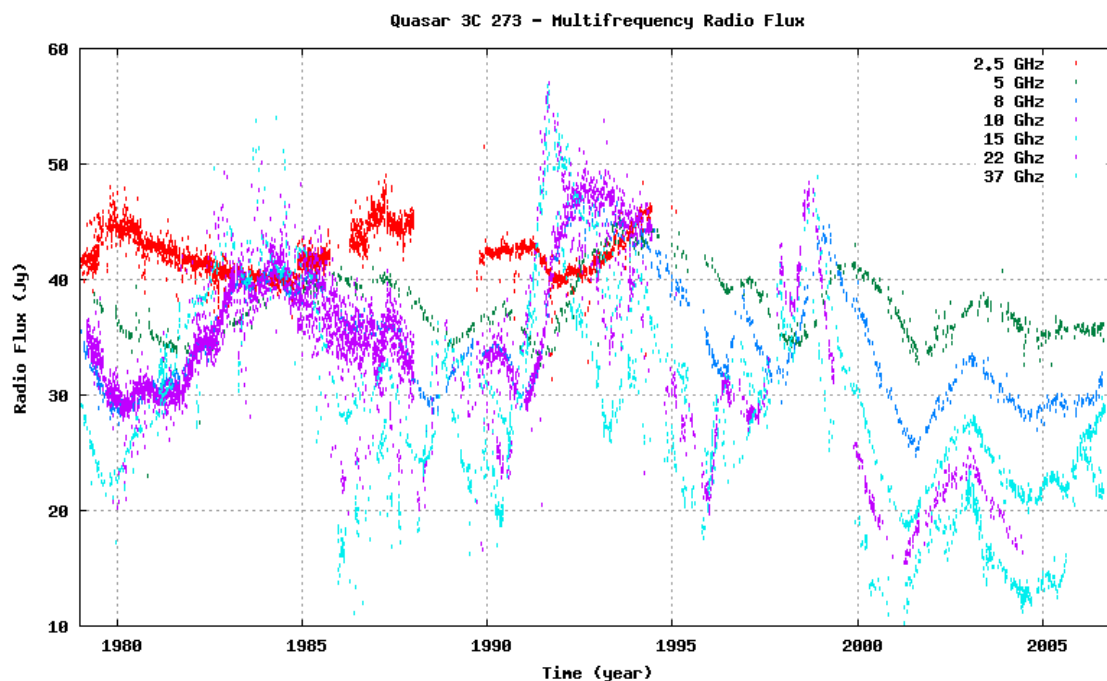


Figura 5.1 – Curvas de Luz nas bandas de frequência de radio observadas.

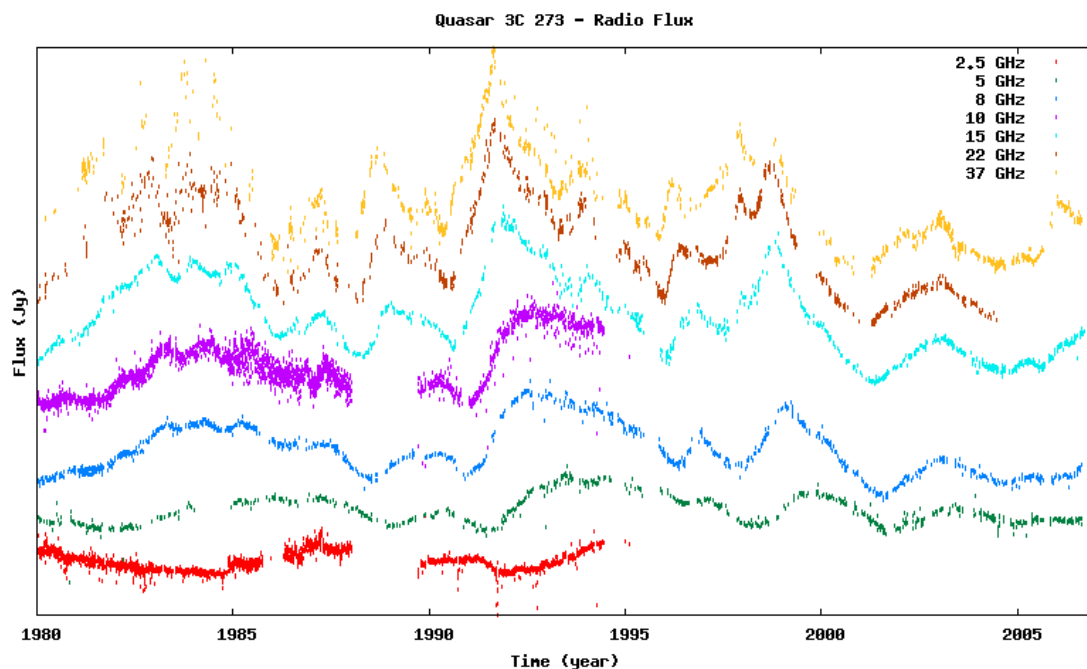


Figura 5.2 – Curvas de Luz da Fig. 5.1, com a escala de fluxo em rádio arbitrária, para uma melhor visualização.

característica própria das observações astronômicas, isto é, as observações dependem das condições instrumentais, ambientais e de posição do objeto observado. A Fig. 5.1 mostra os dados tabelados nas Curvas de Luz da base de dados.

Da Fig. 5.1 e Fig. 5.2 pode-se observar a não homogeneidade das observações, apresentando “buracos” e inclusive intervalos de tempo extensos sem observação ou múltiplas observações numa mesma data, particularmente observe-se a densidade de dados em curtos intervalos de tempo das observações em 2.5 GHz e 10 GHz e posteriormente a falta destes dados após 1995, aproximadamente. Aliado a isto os arquivos de dados tem diferente número de observações (linhas de dados) o que dificultaria uma análise de correlação entre os dados.

Criou-se um programa em linguagem C para fazer a média mensal dos dados, além de fazer os cálculos novos das datas para cada mês, segundo a equação (1). O resultado está dado no Apêndice A, e fornece a figura seguinte (Fig. 5.3)

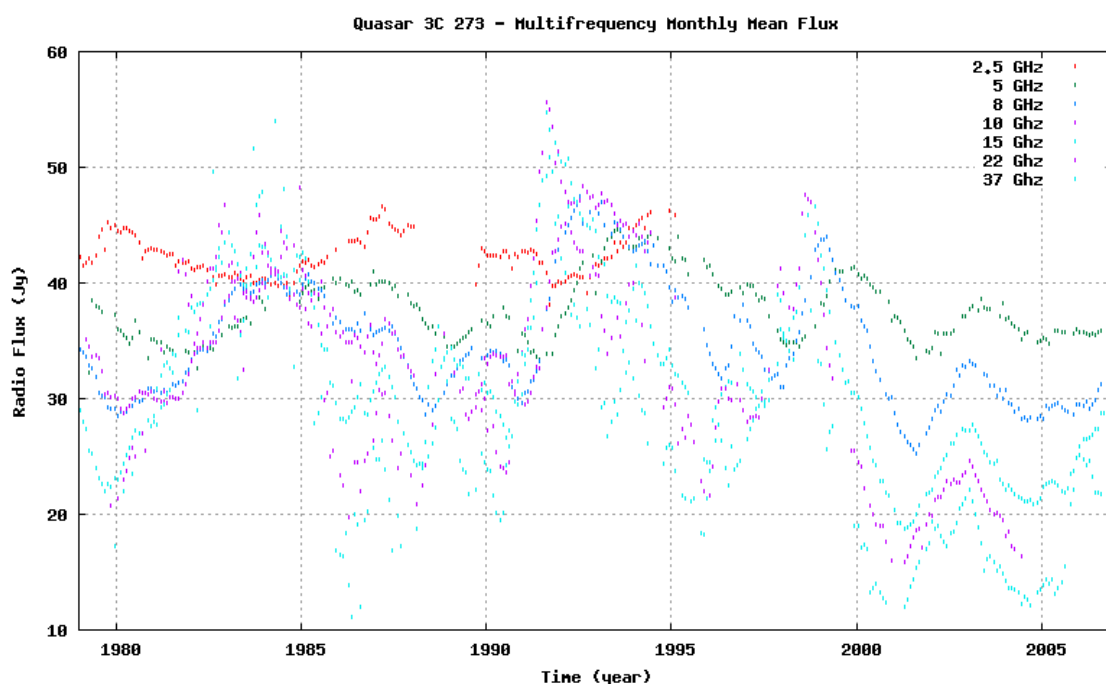


Figura 5.3 – Média mensal das observações em rádio (1).

Depois de feita a operação do cálculo da média mensal, se observa uma melhor distribuição dos dados, inclusive as dos dados observados em 2.5 GHz e 10 GHz, dentro dos limites observados. O gráfico a seguir (Fig. 5.4) mostra com maior clareza a média mensal dos dados entre 1979 e 2007.

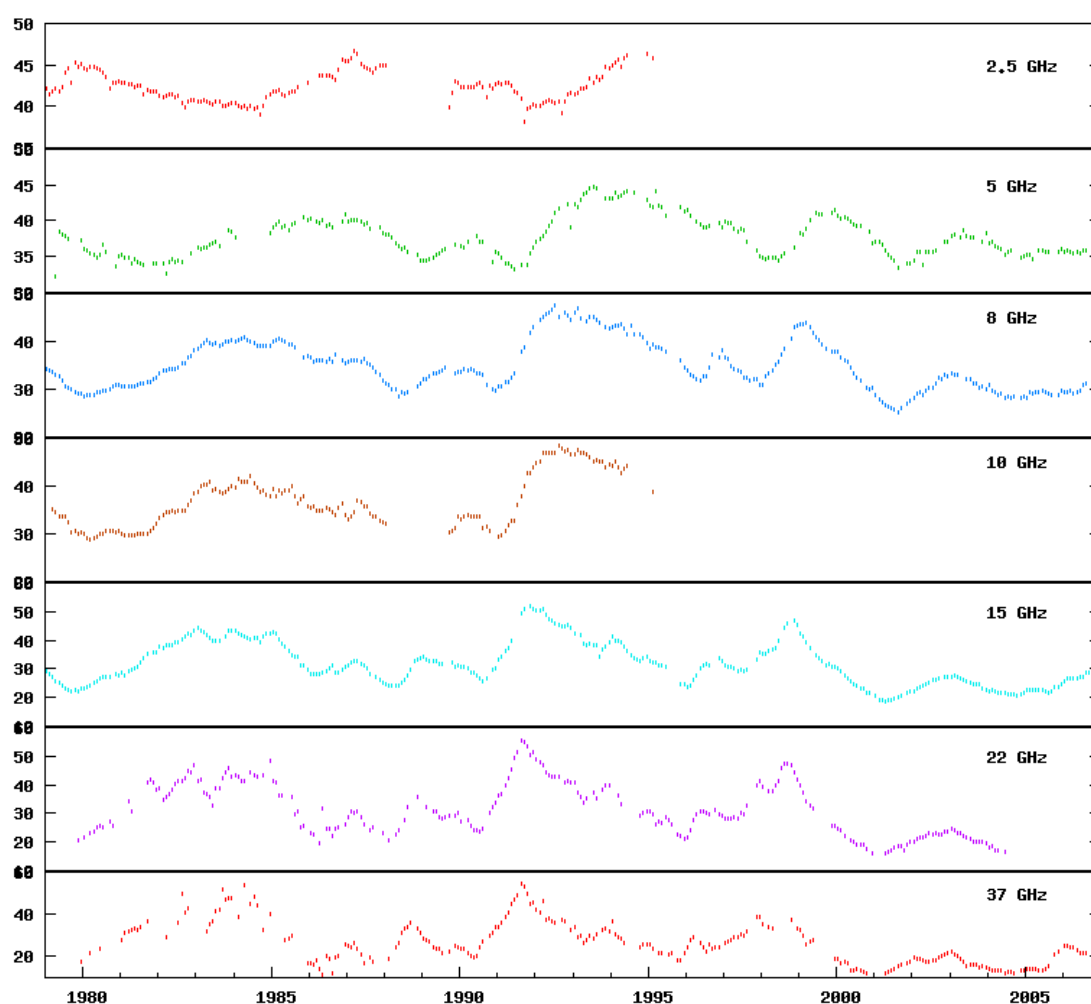


Figura 5.4 – Média mensal das observações em rádio (2).

Das Fig. 5.3 e Fig. 5.4, pode-se observar certa correlação entre os dados das bandas de frequência observadas, os máximos de emissão coincidindo com os máximos, da mesma forma que os mínimos de emissão. Observa-se da mesma forma a variabilidade da emissão média mensal, da ordem das dezenas de unidades ou maior nas frequências mais altas.

O gráfico a seguir (Fig. 5.5) mostra a correlação da emissão entre certas bandas de frequência em rádio.

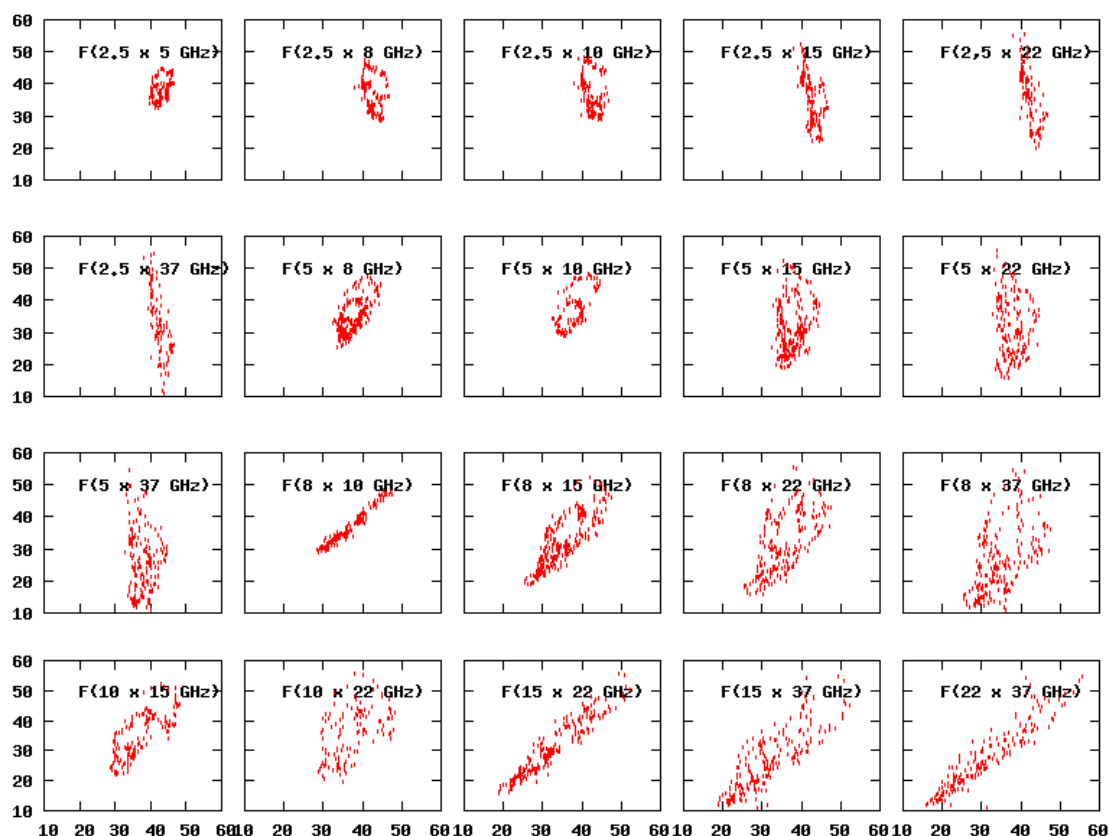


Figura 5.5 – Gráficos de correlação, entre os fluxos medidos nas bandas de frequência de rádio observadas. Nos eixos horizontal e vertical estão graficados os fluxos de emissão.

Da Fig.5.5 pode observar-se que, em geral, há uma melhor correlação entre as observações a partir da banda de 8 GHz com as de maior frequência. Em particular observa-se uma boa correlação entre os fluxos das bandas de 8 GHz e 10 GHz, entre 8 GHz e 15 GHz, entre 15 GHz e 22 GHz, entre 15 GHz e 37 GHz e entre 22 GHz e 37 GHz.

Por outro lado, pode se observar que não correlação aparente entre as emissões em 2.5 GHz e 5 GHz, entre 2.5 GHz e 8 GHz, entre 2.5 GHz e 10, entre 2.5 GHz e 15 GHz, entre 2.5 GHz e 22 GHz, entre 2.5 GHz e 37 GHz,

entre 5 GHz e 8 GHz, entre 5 GHz e 10 GHz, entre 5 GHz e 15 GHz, entre 5 GHz e 22 GHz, entre 5 GHz e 37 GHz, entre 8 GHz e 22 GHz, entre 8 GHz e 37 GHz, entre 10 GHz e 15 GHz e entre 10 GHz e 22 GHz.

Os gráficos Fig. 5.6 e Fig. 5.7, mostram as fluxos de energia emitidos em cada banda de frequência.

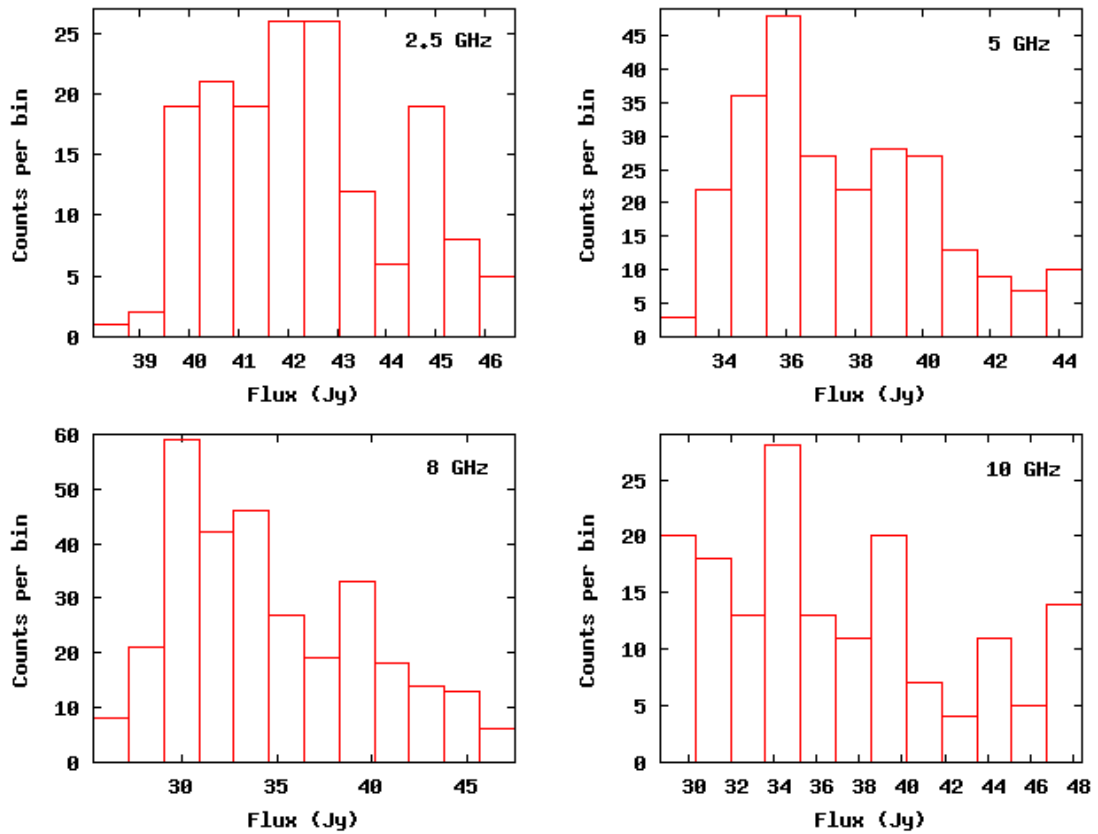


Figura 5.6 – Histogramas da emissão de energia nas bandas de emissão em rádio (1).

As Fig. 5.6 e Fig. 5.7, mostram que o quasar 3C 273 emite fluxos de energia mais altos nas frequências mais baixas e fluxos de energia mais baixos nas frequências mais altas.

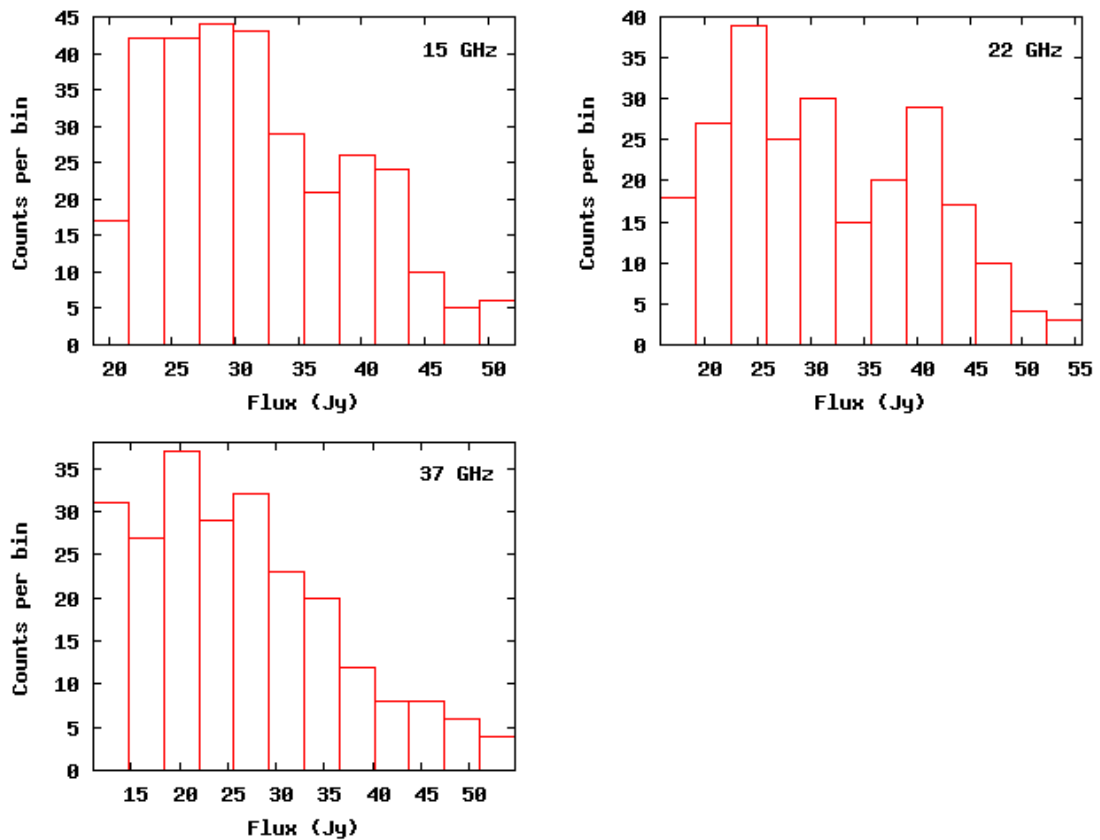


Figura 5.7 – Histogramas da emissão de energia nas bandas de emissão em rádio (2).

6 CONCLUSÕES E PROJETOS FUTUROS

O quasar 3C 273 é um objeto variável nas frequências de radio, técnicas de mineração de dados mostram correlação da emissão entre algumas bandas observadas, da mesma forma pode ser observado o modo de emissão de energia nas diferentes bandas de frequências, fato que deve estar relacionado a processos físicos.

A técnica utilizada aqui pode ser aplicada às outras bandas observadas, que poderiam dar uma ideia mais clara da relação entre os processos de emissão envolvidos.

Pode se utilizar técnicas de interpolação nas Curvas de Luz para posterior determinação de possíveis periodicidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHCALL, J.N., KIRHAKOS, S., SCHNEIDER, D.P., DAVIS, R.J., MUXLOW, W.B., GARRINGTON, S.T., CONWAY, R.G. AND UNWIN, S.C., Hubble Space Telescope and Merlin observations of the jet in 3C 273. **Astrophysical Journal**, v. 452, p. L91-L93, 1995.

KELLERMANN, K.I., SRAMEK, R., SCHMIDT, M., SHAFFER, D.B., GREEN, R., VLA Observations of objects in the palomar bright qasar survey. **Astronomical Journal**, v. 98, n. 4, p. 1195-1207, 1989.

SOLDI, S., TÜRLE, M., PALTANI, S., ALLER, H.D., ALLER, M.F., BIRKI, G., CHERNYAKOVA, M., LÄHTEENMÄKI, A., McHARDY, I.M., ROBSON, E.I., STAUBERT, R., TORNIKOSKI, M., WALTER, R., COURVOISIER, T.J.-L. **Astronomy and Astrophysics**, v. 486, p. 411-425, 2008.

TORRES, D.F., ANCHORDOQUI, L.A. Astrophysical Origins of Ultrahigh Energy Cosmic Rays. **Reports on Progress in Physics**, v. 67, n. 9, p.1663-1730, 2004. arXiv.org e-Print archive, astro-ph/0402371v3.

TÜRLE, M., PALTANI, S., COURVOISIER, T.J.-L., ALLER, M.F., ALLER, H.D., BLECHA, A., BOUCHET, P., LAINELA, M., McHARDY, I.M., ROBSON, E.I., STEVENS, J.A., TERÄSRANTA, H., TORNIKOSKI, M., ULRICH, M.-H., WALTMAN, E.B., WAMSTEKER, W., WRIGHT, M.C.H., 30 years of multi-wavelength observations of 3C 273. **Astronomy and Astrophysics: Supplement Series**, v.134, p. 89-101, 1999.

ULRICH, M.-H., MARASCHI, L., URRY, C.M., Variability of active galactic nuclei. **Annual Review of Astronomy and Astrophysics** , v. 35, p. 445-502, 1997.

URRY, C.M., PADOVANI, P., Unified schemes for radio-loud active galactic nuclei. **Publication of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 107, n. 175, p. 803-845, 1995.

Wikipedia. **Active galactic nucleus**. Disponível em:
http://en.wikipedia.org/wiki/Active_galactic_nucleus#cite_note-10. Acesso em: 02/10/2009.

APÊNDICE A – TABELA DA MÉDIA MENSAL DOS FLUXOS EM RÁDIO

Ano	2.5GHz	5 GHz	8GHz	10GHz	15GHz	22GHz	37GHz
1979.0418	42.20	INDEF	34.31	INDEF	29.03	INDEF	INDEF
1979.1225	41.48	INDEF	33.94	INDEF	27.95	INDEF	INDEF
1979.2033	41.77	INDEF	33.67	35.15	27.40	INDEF	INDEF
1979.2868	42.15	32.30	32.88	34.52	25.45	INDEF	INDEF
1979.3703	41.72	38.52	32.62	33.67	25.20	INDEF	INDEF
1979.4538	42.36	38.02	31.83	33.70	23.95	INDEF	INDEF
1979.5373	43.99	37.92	30.56	33.55	23.16	INDEF	INDEF
1979.6222	44.58	37.45	30.24	32.36	22.57	INDEF	INDEF
1979.7057	42.89	INDEF	30.08	30.38	21.95	INDEF	INDEF
1979.7892	45.28	INDEF	29.31	30.53	22.67	INDEF	INDEF
1979.8727	44.72	INDEF	29.07	30.07	22.35	20.70	INDEF
1979.9562	45.06	37.19	29.08	30.26	23.11	INDEF	17.22
1980.0411	44.55	36.06	28.52	29.94	22.95	21.37	INDEF
1980.1232	44.34	35.87	28.86	29.12	23.61	INDEF	INDEF
1980.2053	44.79	35.52	28.75	28.71	24.39	22.94	21.96
1980.2888	44.76	35.20	28.92	29.15	25.13	23.80	INDEF
1980.3724	44.51	34.78	29.41	29.34	25.76	24.90	INDEF
1980.4559	44.40	35.21	29.32	29.98	26.66	25.71	23.47
1980.5394	44.12	36.69	29.84	30.08	27.25	25.00	INDEF
1980.6242	43.49	35.74	29.80	30.59	27.06	INDEF	INDEF
1980.7077	42.17	INDEF	29.93	30.53	26.94	27.05	INDEF
1980.7912	42.80	INDEF	30.54	30.56	INDEF	25.50	INDEF
1980.8747	42.93	33.56	30.89	30.40	28.15	INDEF	INDEF
1980.9582	43.05	35.12	30.83	30.62	27.66	INDEF	INDEF
1981.0431	42.90	35.17	30.57	29.97	28.48	INDEF	27.94
1981.1239	42.91	34.83	30.70	29.84	27.74	INDEF	30.90
1981.2047	42.76	34.84	30.49	29.72	29.20	34.24	32.02
1981.2882	42.60	33.94	30.71	29.70	29.51	30.57	32.86
1981.3717	42.40	34.55	30.56	29.66	30.40	INDEF	33.13
1981.4552	42.47	34.27	30.79	30.15	30.74	INDEF	32.66
1981.5387	42.51	34.07	31.21	30.10	32.22	INDEF	33.85
1981.6235	41.53	33.76	31.11	29.98	33.73	INDEF	INDEF
1981.7070	41.91	INDEF	31.43	30.03	35.48	41.00	36.98
1981.7906	41.77	INDEF	31.45	30.55	INDEF	42.00	INDEF
1981.8741	41.74	34.08	32.20	31.25	35.92	40.80	INDEF
1981.9576	41.86	33.94	32.48	32.12	35.78	38.10	INDEF
1982.0424	41.21	INDEF	33.32	33.30	37.89	38.91	INDEF
1982.1232	41.18	33.95	33.85	33.93	37.48	34.75	INDEF
1982.2040	41.32	32.68	34.05	34.42	38.16	35.62	28.94
1982.2875	41.40	34.23	34.25	34.43	38.23	36.90	INDEF
1982.3710	41.52	34.56	34.23	34.90	38.27	38.12	INDEF

1982.4545 Ano	41.15 2.5GHz	34.24 5 GHz	34.18 8GHz	34.40 10GHz	39.06 15GHz	40.07 22GHz	INDEF 37GHz
1982.5380	41.28	34.38	34.69	34.82	39.54	41.23	36.23
1982.6229	40.49	34.27	35.60	34.83	40.21	41.20	49.60
1982.7064	39.90	INDEF	35.33	34.86	41.36	42.29	41.14
1982.7899	40.57	INDEF	36.67	35.93	42.29	45.02	42.96
1982.8734	40.67	35.49	36.91	37.03	41.71	44.35	INDEF
1982.9569	40.74	INDEF	38.13	38.38	43.52	46.78	INDEF
1983.0418	40.50	36.22	38.54	38.82	44.34	41.56	INDEF
1983.1225	40.55	36.14	39.14	40.11	43.20	41.81	INDEF
1983.2033	40.83	36.25	39.55	40.16	42.74	37.04	INDEF
1983.2868	40.60	36.19	40.33	40.34	41.59	36.73	31.76
1983.3703	40.37	36.73	39.84	40.89	40.66	35.73	35.52
1983.4538	40.17	36.92	39.45	39.09	39.89	32.53	36.79
1983.5373	40.53	37.02	39.58	39.30	39.70	38.77	41.22
1983.6222	40.61	36.54	39.11	38.70	39.93	38.68	42.44
1983.7057	39.98	INDEF	39.25	38.34	INDEF	42.23	51.67
1983.7892	40.01	INDEF	39.89	38.73	41.35	44.34	46.70
1983.8727	40.19	38.74	40.02	39.36	43.26	45.91	47.56
1983.9562	40.41	38.39	40.23	39.94	43.12	42.68	47.90
1984.0411	40.35	37.75	40.01	39.57	43.17	43.39	INDEF
1984.1232	40.14	INDEF	40.28	41.46	42.38	42.65	38.75
1984.2053	39.85	INDEF	40.63	40.89	41.95	41.30	INDEF
1984.2888	39.98	INDEF	40.93	40.78	41.27	41.10	54.00
1984.3724	39.70	INDEF	40.40	40.97	40.59	INDEF	INDEF
1984.4559	40.02	INDEF	40.02	42.21	40.51	44.46	44.90
1984.5394	39.79	INDEF	39.58	40.59	40.75	43.55	48.09
1984.6242	39.95	INDEF	38.99	39.63	40.64	42.99	43.99
1984.7077	39.02	INDEF	39.11	38.67	39.49	INDEF	INDEF
1984.7912	39.99	INDEF	39.04	39.06	41.16	43.28	32.70
1984.8747	41.05	INDEF	39.22	38.18	42.33	INDEF	INDEF
1984.9582	41.51	38.35	39.01	37.82	42.24	48.20	40.20
1985.0431	41.83	39.16	39.86	39.48	42.59	41.12	INDEF
1985.1239	41.78	39.58	40.38	37.79	42.11	40.65	INDEF
1985.2047	42.04	39.88	40.70	39.15	40.08	36.48	INDEF
1985.2882	41.51	39.19	40.16	38.54	38.96	36.19	INDEF
1985.3717	41.34	39.34	39.96	39.08	37.88	INDEF	27.90
1985.4552	41.58	38.66	39.53	39.03	36.32	INDEF	28.77
1985.5387	41.86	39.48	39.33	40.08	34.63	35.60	30.10
1985.6235	41.80	39.66	38.84	37.91	34.22	29.90	INDEF
1985.7070	42.24	INDEF	INDEF	36.24	34.21	30.50	INDEF
1985.7906	INDEF	INDEF	INDEF	37.21	31.37	25.05	INDEF
1985.8741	INDEF	40.41	36.54	37.76	31.18	25.50	INDEF
1985.9576	42.83	40.02	37.04	35.77	29.67	INDEF	16.87
1986.0424	INDEF	40.33	36.64	35.38	28.31	23.34	16.54
1986.1232	INDEF	INDEF	35.77	35.78	28.30	22.49	16.43

1986.2040 Ano	INDEF 2.5GHz	39.91 5 GHz	36.05 8GHz	34.91 10GHz	27.97 15GHz	INDEF 22GHz	18.43 37GHz
1986.2875	43.66	39.71	35.95	34.83	28.36	19.70	13.90
1986.3710	43.68	40.10	36.00	34.84	28.89	31.50	11.10
1986.4545	43.65	39.27	35.74	35.52	29.30	24.54	19.98
1986.5380	43.70	39.41	36.45	35.21	30.13	24.49	19.18
1986.6229	43.53	38.99	35.89	34.44	31.30	22.00	12.00
1986.7064	43.12	INDEF	37.40	34.04	28.73	24.60	19.56
1986.7899	44.42	INDEF	INDEF	35.38	28.65	25.23	20.19
1986.8734	45.67	39.86	35.99	36.36	29.86	INDEF	INDEF
1986.9569	45.54	40.95	35.53	34.00	30.61	26.40	25.80
1987.0418	45.54	39.88	35.81	32.94	31.39	28.81	24.81
1987.1225	45.79	40.15	35.92	33.70	32.10	30.74	24.70
1987.2033	46.60	40.09	36.06	34.69	32.52	30.34	26.36
1987.2868	46.33	40.09	36.15	36.85	32.72	30.50	23.86
1987.3703	45.09	39.94	35.84	36.55	31.88	28.46	21.22
1987.4538	44.83	39.49	36.25	35.64	30.98	26.41	16.90
1987.5373	44.61	39.75	35.60	35.75	30.07	INDEF	INDEF
1987.6222	44.49	38.88	35.18	34.19	27.97	24.02	19.83
1987.7057	44.13	INDEF	34.41	33.62	INDEF	25.22	17.25
1987.7892	44.55	INDEF	33.60	33.70	26.98	INDEF	INDEF
1987.8727	44.95	39.02	32.91	32.81	26.05	INDEF	INDEF
1987.9562	44.92	38.22	31.93	32.37	25.39	23.33	INDEF
1988.0411	44.92	38.00	31.31	31.97	24.62	INDEF	INDEF
1988.1232	INDEF	38.13	30.84	INDEF	24.19	20.82	18.73
1988.2053	INDEF	37.77	30.11	INDEF	24.38	INDEF	INDEF
1988.2888	INDEF	36.86	29.91	INDEF	24.02	22.48	24.39
1988.3724	INDEF	36.56	28.58	INDEF	24.25	24.19	26.24
1988.4559	INDEF	36.13	29.44	INDEF	24.96	INDEF	30.96
1988.5394	INDEF	36.24	29.01	INDEF	26.10	27.77	33.31
1988.6242	INDEF	35.67	29.35	INDEF	27.56	32.18	34.20
1988.7077	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	29.84	INDEF	36.22
1988.7912	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	32.71	INDEF	INDEF
1988.8747	INDEF	35.33	30.51	INDEF	33.45	35.59	33.32
1988.9582	INDEF	34.50	31.23	INDEF	33.95	INDEF	31.48
1989.0431	INDEF	34.47	32.00	INDEF	34.33	INDEF	28.26
1989.1239	INDEF	34.46	32.03	INDEF	33.34	32.24	28.02
1989.2047	INDEF	34.72	32.62	INDEF	32.89	INDEF	27.34
1989.2882	INDEF	34.94	33.28	INDEF	32.94	30.62	24.58
1989.3717	INDEF	35.19	33.32	INDEF	32.69	30.89	23.85
1989.4552	INDEF	35.40	33.75	INDEF	31.81	28.68	23.65
1989.5387	INDEF	35.78	33.82	INDEF	31.77	28.22	21.78
1989.6235	INDEF	35.99	34.41	INDEF	INDEF	28.93	INDEF
1989.7070	39.93	INDEF	INDEF	30.42	INDEF	29.28	22.17
1989.7906	41.56	INDEF	INDEF	30.64	32.10	INDEF	INDEF
1989.8741	42.95	36.73	33.47	31.25	30.72	28.95	25.31

1989.9576 Ano	42.77 2.5GHz	INDEF 5 GHz	33.56 8GHz	33.50 10GHz	31.33 15GHz	30.01 22GHz	24.54 37GHz
1990.0424	42.41	36.44	33.70	33.00	30.56	27.25	23.86
1990.1232	42.33	36.31	34.14	33.65	30.65	INDEF	23.75
1990.2040	42.33	37.13	34.00	33.83	30.08	27.66	21.67
1990.2875	42.35	INDEF	34.18	33.74	28.82	25.41	20.12
1990.3710	42.31	INDEF	33.93	33.58	28.46	24.13	19.45
1990.4545	42.73	37.86	33.19	33.66	27.79	23.94	20.11
1990.5380	42.78	37.12	33.36	33.69	26.59	23.68	24.29
1990.6229	42.30	37.00	32.88	31.25	25.89	24.48	27.26
1990.7064	41.19	INDEF	31.03	31.49	26.79	INDEF	INDEF
1990.7899	42.48	INDEF	INDEF	30.65	INDEF	30.38	29.72
1990.8734	42.20	34.16	30.04	INDEF	29.54	32.10	31.54
1990.9569	42.70	35.63	29.59	INDEF	30.34	33.95	33.92
1991.0418	42.78	35.52	30.51	29.47	32.99	36.03	33.75
1991.1225	42.61	34.83	30.64	29.75	34.25	36.89	36.12
1991.2033	42.89	33.97	31.50	30.52	36.12	39.70	38.53
1991.2868	42.79	34.14	31.60	31.85	37.05	42.08	40.92
1991.3703	42.51	33.61	32.32	32.76	39.99	45.34	44.68
1991.4538	41.75	33.32	33.25	32.65	INDEF	49.59	46.80
1991.5373	41.71	INDEF	INDEF	36.02	INDEF	51.27	48.92
1991.6222	40.86	33.86	37.77	37.89	49.29	55.60	54.71
1991.7057	38.07	INDEF	38.68	40.12	50.83	55.02	53.27
1991.7892	39.75	33.90	INDEF	42.64	INDEF	53.48	49.63
1991.8727	39.81	35.50	41.93	42.75	52.14	50.37	45.10
1991.9562	40.15	36.25	42.91	43.80	51.16	51.34	45.75
1992.0411	39.98	37.13	INDEF	44.86	50.48	48.78	42.15
1992.1232	40.12	37.39	44.41	45.07	50.30	47.83	40.89
1992.2053	40.49	37.91	45.03	46.93	50.71	47.01	46.60
1992.2888	40.63	38.49	45.66	46.87	48.65	44.34	37.26
1992.3724	40.70	39.33	46.20	46.97	47.31	43.46	38.15
1992.4559	40.59	39.96	46.80	46.98	47.04	42.94	36.99
1992.5394	40.46	41.21	47.55	47.09	46.02	42.69	36.25
1992.6242	40.52	41.78	45.15	48.40	45.56	42.81	INDEF
1992.7077	39.12	INDEF	INDEF	47.86	44.95	INDEF	37.70
1992.7912	40.53	INDEF	46.15	47.36	44.73	40.66	36.42
1992.8747	41.39	42.42	45.52	47.44	45.46	41.32	INDEF
1992.9582	41.57	39.10	44.56	46.54	44.55	40.71	32.63
1993.0431	41.51	42.30	45.95	46.77	42.24	40.58	34.21
1993.1239	41.71	41.90	47.06	47.70	INDEF	37.16	29.25
1993.2047	42.10	43.01	44.96	47.06	41.59	35.85	29.64
1993.2882	42.15	43.73	INDEF	47.12	38.91	33.91	26.73
1993.3717	42.28	44.00	44.20	46.77	38.38	35.31	27.95
1993.4552	43.44	44.50	45.25	46.04	38.79	INDEF	29.71
1993.5387	42.78	44.68	45.15	45.02	38.36	37.03	28.61
1993.6235	43.54	44.45	44.61	45.40	38.22	35.34	30.71

1993.7070 Ano	43.16 2.5GHz	INDEF 5 GHz	43.98 8GHz	45.01 10GHz	34.11 15GHz	INDEF 22GHz	INDEF 37GHz
1993.7906	43.55	INDEF	INDEF	45.16	36.57	38.30	32.28
1993.8741	44.73	43.05	43.10	44.06	37.66	39.83	33.17
1993.9576	44.61	43.18	42.81	44.45	39.45	39.98	31.73
1994.0424	45.01	43.11	42.93	44.18	41.45	INDEF	36.78
1994.1232	45.37	43.87	43.23	45.17	40.01	INDEF	30.29
1994.2040	45.66	43.36	43.40	43.96	39.77	36.43	29.05
1994.2875	44.80	43.47	43.62	42.75	39.09	33.20	28.81
1994.3710	45.82	43.96	42.79	43.49	38.01	INDEF	26.10
1994.4545	46.16	44.23	41.66	44.37	36.27	INDEF	INDEF
1994.5380	INDEF	INDEF	43.28	INDEF	34.79	INDEF	INDEF
1994.6229	INDEF	43.93	41.47	INDEF	33.80	INDEF	INDEF
1994.7064	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	32.99	INDEF	INDEF
1994.7899	INDEF	INDEF	41.44	INDEF	32.97	29.29	24.34
1994.8734	INDEF	INDEF	41.06	INDEF	33.54	30.06	25.71
1994.9569	46.30	43.00	39.64	INDEF	34.21	30.94	25.96
1995.0418	INDEF	42.18	38.35	INDEF	32.92	30.92	25.73
1995.1225	45.90	41.92	39.33	38.80	32.07	29.52	23.77
1995.2033	INDEF	44.06	38.79	INDEF	32.06	26.10	INDEF
1995.2868	INDEF	42.14	38.90	INDEF	31.34	27.37	21.57
1995.3703	INDEF	41.94	38.63	INDEF	31.00	26.61	21.40
1995.4538	INDEF	40.69	37.92	INDEF	30.52	28.52	INDEF
1995.5373	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	27.79	21.07
1995.6222	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	26.24	21.34
1995.7057	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF
1995.7892	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	22.83	18.40
1995.8727	INDEF	41.96	36.04	INDEF	24.69	21.99	18.22
1995.9562	INDEF	41.33	34.61	INDEF	24.46	21.36	21.39
1996.0411	INDEF	41.47	33.84	INDEF	23.69	21.61	24.44
1996.1232	INDEF	40.72	33.05	INDEF	24.11	24.18	28.09
1996.2053	INDEF	INDEF	32.59	INDEF	26.40	27.46	29.24
1996.2888	INDEF	39.80	32.07	INDEF	27.74	29.74	INDEF
1996.3724	INDEF	39.48	31.77	INDEF	30.33	30.88	26.32
1996.4559	INDEF	39.06	32.61	INDEF	30.99	30.88	24.06
1996.5394	INDEF	39.01	32.84	INDEF	31.55	29.96	22.47
1996.6242	INDEF	39.26	34.53	INDEF	31.37	29.83	25.93
1996.7077	INDEF	INDEF	37.18	INDEF	INDEF	INDEF	23.86
1996.7912	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	31.21	24.30
1996.8747	INDEF	39.67	36.69	INDEF	33.90	29.92	24.64
1996.9582	INDEF	39.16	38.18	INDEF	32.54	29.00	INDEF
1997.0431	INDEF	39.83	36.70	INDEF	31.30	28.01	26.48
1997.1239	INDEF	39.74	36.30	INDEF	30.91	28.41	27.39
1997.2047	INDEF	39.77	34.76	INDEF	30.57	28.41	28.15
1997.2882	INDEF	38.94	34.30	INDEF	30.09	28.50	29.09
1997.3717	INDEF	38.47	33.95	INDEF	29.42	28.39	29.34

1997.4552 Ano	INDEF 2.5GHz	38.80 5 GHz	33.65 8GHz	INDEF 10GHz	29.86 15GHz	30.06 22GHz	30.61 37GHz
1997.5387	INDEF	38.61	32.53	INDEF	29.38	29.70	29.78
1997.6235	INDEF	37.14	32.36	INDEF	29.87	32.53	31.60
1997.7070	INDEF	INDEF	31.72	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF
1997.7906	INDEF	INDEF	32.04	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF
1997.8741	INDEF	35.92	32.15	INDEF	32.99	39.71	38.99
1997.9576	INDEF	35.13	31.03	INDEF	35.99	41.22	38.56
1998.0424	INDEF	34.88	30.97	INDEF	35.19	39.07	35.58
1998.1232	INDEF	34.68	32.82	INDEF	35.02	INDEF	INDEF
1998.2040	INDEF	34.82	33.45	INDEF	36.04	37.88	34.18
1998.2875	INDEF	34.90	33.84	INDEF	36.95	37.79	33.37
1998.3710	INDEF	34.92	35.00	INDEF	37.48	39.89	INDEF
1998.4545	INDEF	34.50	35.71	INDEF	39.59	41.19	INDEF
1998.5380	INDEF	35.14	37.40	INDEF	INDEF	46.02	INDEF
1998.6229	INDEF	35.37	38.53	INDEF	44.11	47.59	INDEF
1998.7064	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	45.93	47.24	INDEF
1998.7899	INDEF	INDEF	40.48	INDEF	INDEF	46.97	37.66
1998.8734	INDEF	36.19	42.91	INDEF	46.64	44.39	INDEF
1998.9569	INDEF	INDEF	43.27	INDEF	45.15	41.97	33.29
1999.0418	INDEF	38.27	43.72	INDEF	42.33	40.00	32.94
1999.1225	INDEF	38.16	43.69	INDEF	41.31	37.29	29.55
1999.2033	INDEF	38.88	44.02	INDEF	39.33	34.43	25.64
1999.2868	INDEF	40.14	42.89	INDEF	37.45	32.86	27.08
1999.3703	INDEF	INDEF	41.94	INDEF	INDEF	31.81	27.67
1999.4538	INDEF	41.12	40.85	INDEF	34.92	INDEF	INDEF
1999.5373	INDEF	41.01	40.28	INDEF	33.76	INDEF	INDEF
1999.6222	INDEF	40.94	39.54	INDEF	32.56	INDEF	INDEF
1999.7057	INDEF	INDEF	38.55	INDEF	31.32	INDEF	INDEF
1999.7892	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	31.56	INDEF	INDEF
1999.8727	INDEF	41.21	37.97	INDEF	30.56	25.44	INDEF
1999.9562	INDEF	41.42	37.82	INDEF	30.47	25.46	18.98
2000.0411	INDEF	40.80	37.96	INDEF	30.07	24.49	19.03
2000.1218	INDEF	40.37	36.80	INDEF	29.18	24.12	17.12
2000.2053	INDEF	40.57	36.19	INDEF	27.87	22.30	17.41
2000.2888	INDEF	40.35	35.86	INDEF	26.69	INDEF	17.05
2000.3724	INDEF	39.84	34.51	INDEF	25.77	20.70	13.29
2000.4559	INDEF	39.57	33.19	INDEF	24.64	20.03	13.57
2000.5394	INDEF	39.30	32.34	INDEF	24.19	19.11	13.98
2000.6242	INDEF	39.25	31.67	INDEF	22.92	18.96	13.23
2000.7077	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	22.89	18.99	12.77
2000.7912	INDEF	INDEF	30.43	INDEF	21.82	17.61	12.36
2000.8747	INDEF	38.40	30.05	INDEF	21.57	INDEF	INDEF
2000.9582	INDEF	36.79	30.18	INDEF	INDEF	15.99	INDEF
2001.0431	INDEF	37.17	28.74	INDEF	20.43	INDEF	INDEF
2001.1239	INDEF	37.00	27.80	INDEF	19.25	INDEF	INDEF

2001.2047 Ano	INDEF 2.5GHz	36.60 5 GHz	27.14 8GHz	INDEF 10GHz	19.25 15GHz	INDEF 22GHz	INDEF 37GHz
2001.2882	INDEF	35.84	26.80	INDEF	18.79	15.87	11.95
2001.3717	INDEF	35.16	26.27	INDEF	18.89	16.35	12.60
2001.4552	INDEF	34.86	26.01	INDEF	19.12	17.23	13.73
2001.5387	INDEF	34.46	25.62	INDEF	19.37	18.06	14.38
2001.6235	INDEF	33.53	25.30	INDEF	20.00	18.60	15.40
2001.7070	INDEF	INDEF	25.98	INDEF	20.73	18.73	15.92
2001.7906	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	17.15	INDEF
2001.8741	INDEF	34.13	27.00	INDEF	21.72	19.15	16.98
2001.9576	INDEF	33.99	27.50	INDEF	21.91	19.98	17.47
2002.0424	INDEF	34.36	28.25	INDEF	22.18	19.91	19.39
2002.1232	INDEF	35.74	28.95	INDEF	23.29	21.23	18.77
2002.2040	INDEF	35.57	29.35	INDEF	23.66	21.50	18.98
2002.2875	INDEF	33.86	28.84	INDEF	24.02	21.48	18.12
2002.3710	INDEF	35.68	29.80	INDEF	24.75	22.15	17.60
2002.4545	INDEF	35.64	30.39	INDEF	25.07	22.92	17.23
2002.5380	INDEF	35.65	30.28	INDEF	26.16	22.57	18.34
2002.6229	INDEF	35.90	31.17	INDEF	26.12	23.00	18.48
2002.7064	INDEF	INDEF	32.55	INDEF	26.90	22.74	19.25
2002.7899	INDEF	INDEF	31.99	INDEF	INDEF	22.77	20.49
2002.8734	INDEF	37.09	32.88	INDEF	27.40	23.41	20.84
2002.9569	INDEF	37.17	32.73	INDEF	27.24	23.61	21.34
2003.0418	INDEF	37.81	33.23	INDEF	27.29	24.58	22.14
2003.1225	INDEF	37.98	32.94	INDEF	27.77	24.18	21.17
2003.2033	INDEF	INDEF	32.91	INDEF	27.27	23.34	19.99
2003.2868	INDEF	37.60	INDEF	INDEF	26.79	22.88	18.91
2003.3703	INDEF	38.64	INDEF	INDEF	26.12	22.12	17.52
2003.4538	INDEF	37.84	32.16	INDEF	25.43	21.64	15.18
2003.5373	INDEF	37.73	32.01	INDEF	25.09	21.08	16.10
2003.6222	INDEF	37.70	31.09	INDEF	24.51	20.32	16.38
2003.7057	INDEF	INDEF	31.16	INDEF	24.41	19.97	15.86
2003.7892	INDEF	INDEF	30.22	INDEF	24.62	20.14	15.13
2003.8727	INDEF	37.08	30.72	INDEF	22.98	19.91	15.52
2003.9562	INDEF	38.19	29.98	INDEF	22.66	19.46	14.87
2004.0411	INDEF	36.91	30.77	INDEF	22.07	18.08	14.27
2004.1232	INDEF	36.99	29.65	INDEF	22.52	18.50	13.57
2004.2053	INDEF	36.56	29.45	INDEF	22.09	17.21	13.67
2004.2888	INDEF	36.30	28.87	INDEF	21.75	17.02	13.53
2004.3724	INDEF	36.00	29.10	INDEF	21.49	INDEF	13.20
2004.4559	INDEF	35.17	28.26	INDEF	21.40	16.43	12.30
2004.5394	INDEF	35.66	28.37	INDEF	21.11	INDEF	12.85
2004.6242	INDEF	35.80	28.18	INDEF	21.10	INDEF	12.67
2004.7077	INDEF	INDEF	28.40	INDEF	21.25	INDEF	12.10
2004.7912	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	20.83	INDEF	INDEF
2004.8747	INDEF	34.87	28.22	INDEF	20.94	INDEF	13.22

2004.9582 Ano	INDEF 2.5GHz	34.99 5 GHz	28.50 8GHz	INDEF 10GHz	21.42 15GHz	INDEF 22GHz	13.55 37GHz
2005.0431	INDEF	35.24	28.20	INDEF	22.41	INDEF	13.91
2005.1239	INDEF	35.16	29.32	INDEF	22.58	INDEF	14.37
2005.2047	INDEF	34.69	29.11	INDEF	22.80	INDEF	14.05
2005.2882	INDEF	INDEF	29.42	INDEF	22.82	INDEF	14.37
2005.3717	INDEF	35.82	29.45	INDEF	22.77	INDEF	13.15
2005.4552	INDEF	35.83	29.65	INDEF	22.45	INDEF	13.62
2005.5387	INDEF	35.75	29.25	INDEF	21.96	INDEF	14.17
2005.6235	INDEF	35.69	29.03	INDEF	21.86	INDEF	15.50
2005.7070	INDEF	INDEF	28.93	INDEF	22.20	INDEF	INDEF
2005.7906	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	23.52	INDEF	20.93
2005.8741	INDEF	35.64	28.68	INDEF	23.76	INDEF	22.11
2005.9576	INDEF	35.96	29.55	INDEF	24.82	INDEF	INDEF
2006.0424	INDEF	35.71	29.44	INDEF	25.83	INDEF	25.16
2006.1232	INDEF	35.76	29.40	INDEF	26.44	INDEF	24.77
2006.2040	INDEF	35.68	29.81	INDEF	26.53	INDEF	24.22
2006.2875	INDEF	35.50	29.10	INDEF	26.63	INDEF	24.61
2006.3710	INDEF	35.60	29.47	INDEF	26.85	INDEF	23.21
2006.4545	INDEF	35.52	29.84	INDEF	27.40	INDEF	21.91
2006.5380	INDEF	35.80	30.79	INDEF	27.40	INDEF	21.91
2006.6229	INDEF	35.85	31.23	INDEF	28.71	INDEF	21.70
2006.7064	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	28.79	INDEF	INDEF
2006.7899	INDEF	INDEF	31.05	INDEF	27.89	INDEF	INDEF
2006.8734	INDEF	35.86	31.36	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF
2006.9569	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF	INDEF