



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**

EZAQUIEL RODRIGUES NASCIMENTO

OBSERVAÇÃO DE CHUVAS DE METEOROS UTILIZANDO RADAR

**CAMPINA GRANDE
2021**

EZAQUIEL RODRIGUES NASCIMENTO

OBSERVAÇÃO DE CHUVAS DE METEOROS UTILIZANDO RADAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para à obtenção do título de licenciado em Física.

Área de concentração: Física da Atmosfera.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Roberta da Silva Paulino.

**Campina Grande
2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

N244o Nascimento, Ezaquiel Rodrigues.
Observação de chuvas de meteoros utilizando radar
[manuscrito] / Ezaquiel Rodrigues Nascimento. - 2021.
44 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) -
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e
Tecnologia, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Roberta da Silva Paulino ,
Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. Meteoro. 2. Chuva de meteoros. 3. Atmosfera. 4. Radar
SkiyMet. I. Título

21. ed. CDD 551.5

EZAQUIEL RODRIGUES NASCIMENTO

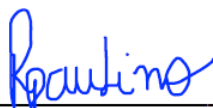
OBSERVAÇÃO DE CHUVAS DE METEOROS UTILIZANDO RADAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Licenciatura em Física.

Área de concentração: Física da Atmosfera.

Aprovada em: 03/06/2021.

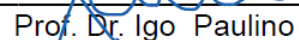
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Roberta da Silva Paulino (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Igo Paulino
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

*A Deus pelo fôlego de vida, a
mim concedido.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por esta comigo em todos os momentos, me ajudando para que não venha desistir na caminhada. Grato a ti Senhor.

Aos meus pais (João Felix e Maria Hilda) por todo incentivo moral e financeiro a mim depositado. Muito obrigado.

A minha esposa (Nataly) e meu filho (Rafael) pelo incentivo e por entenderem os momentos de ausência. Muito obrigado.

Aos meus irmãos (Maria das Graças, Manuel, Christiana e Emanuela) por estarem torcendo pela minhas conquistas. Muito obrigado.

Ao professor Dr^o Lourivaldo Mota que me orientou no periodo de PIBIC. Muito obrigado.

A professora Dr^a Ana Roberta pela orientação do TCC, com zero e paciência. Muito obrigado.

Ao professor Alyson José pelas aulas de laboratório e conversas no período do PIBIC. Muito obrigado.

Ao professor Edvaldo de Oliveira (Mara, *In memoriam*) pelos incentivos dado e que me ajudaram a continuar.

Aos professores do ensino fundamental e Médio que têm contribuição nessa longa jornada, em especial Ana Cleia (Fundamental) e Fabio Ribeiro (Médio).

A todos os professores que fazem parte do departamento de Física, em especial a (Marcelo Germano, Ruth Brito e Antonio Pinto), obrigado por compartilhar conhecimento.

A toda sociedade civil que com a arrecadação dos seus impostos financiaram essa Graduação, espero retornar o beneficio que a mim foi concedido.

RESUMO

O presente trabalho tem o intuito de tratar sobre o conceito de meteoros e suas características, abordaremos sobre as chuvas de meteoros, e periodicidade em que ocorrem, Para este estudo comparamos com os dados de chuvas de meteoros previsto pelo IMO, com medidas fornecidas pelo Radar meteórico SkiyMet instalado em São João do Carri no ano de 2005, onde os dados, apresentaram concordância de datas para os eventos analisados.

Palavras-Chave: Meteoro. Chuva de Meteoros. Atmosfera. Radar SkiyMet.

ABSTRACT

The present work aims to address the concept of meteors and their characteristics, we will address the meteor showers, and periodicity in which they occur. For this study we compare meteor shower data provided by the IMO, with measurements provided by the Radar SkiyMet meteoric installed in São João do Carri in 2005, where the data, data agreement for the events held.

Keywords: Meteor. Meteors Shower. Atmosphere. Radar SkiyMet.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - (Segundo a Rede Brasileira de monitoramento de meteoros(Bramon) este meteoro da foto surgiu no Sertão nordestino no dia 15/07/2020 entre Carnaíba -PE e Princesa Isabel PB Fonte: http:// www.novaondaonline.com.br/video-assista-a-queda-de-um-meteoro	15
Figura 1.2 - (Ilustração de uma chuva de meteoros e sua relação com a passagem de um cometa. Fonte: http://www.observatorio.ufmg.br/dicas07.htm .).....	16
Figura 1.3 - (Etapas da entrada de um meteoróide na atmosfera terrestre até cair no solo como meteorito, Zucolotto et al, 2013).....	18
Figura 1.4 - Órbita do cometa Halley cruzando a órbita da Terra duas vezes ao ano, resultando respectivamente nas chuvas de meteoros Eta Aquarídea e Orionídeas. Zucolotto et al 2013.....	19
Figura 1.5 - Radiante da chuva de meteoros Eta Aquarid (www.meteorshower.org)....	21
Figura 1.6 - (Uma bola de fogo Perseidas atira no comprimento de Ursa Menor, Fonte; Lunsford 2009).....	23
Figura 1.7 - Radiante da chuva de meteoros Perseidas (www.meteorshower.org).....	24
Figura 1.8 - Radiante da chuva de meteoros Lêonidas (www.meteorshower.org).....	25
Figura 1.9 - (Uma Leônidas dispara em Auriga, o cocheiro, Fonte; Lunsford 2009).....	26
Figura 2.0 - Radiante da chuva Germinidas (www.metershower.org).....	27
Figura 3.1 - (Representação de um Radar mono-estático (backscatter) Fonte: Corrêa 2003).....	31
Figura 3.2 - (Representação do Radar bi-estático (forward-scatter) Fonte: Corrêa 2003).....	32
Figura 3.3 - (Através do Perfil de temperatura das camadas atmosféricas, podemos ver a Região MLT onde os meteoros são observados com mais intensidade, Fonte : Carvalho 2011).....	33
Figura 3.4 - (Distribuição de ecos meteórico por altitude em quilômetros), Fonte https://128.39.153.24/SKiYMET/flux.htm	34
Figura 3.5 - (Esquemática das antenas receptoras e transmissora Wrasse 2001.).....	35
Figura 3.6 - (OLAP localizado na cidade de São João do Cariri Foto: Ricardo Buriti).....	35
Figura 3.7 - (Configuração das antenas receptoras do radar meteórico em São João do Cariri Fonte: OLAP 2004).....	36

Figura 3.8 - (Exemplo de arquivo gerado pelo computador ligado ao radar de São João do Cariri e transferido para o Excel, Foto : Autor).....	37
Figura 3.9 - (Aplicação dos filtros no Excel. Foto: Autor).....	38
Figura 4.0 - Referente aos meses: Janeiro (A), Fevereiro (B), Março (C), Abril (D) que mostra a ocorrência dos ecos meteóricos.....	39
Figura 5.0 - Referente aos meses: Meses; Maio (A), Junho (B), Julho (C), Agosto (D) que mostra a ocorrência dos ecos meteóricos.....	40
Figura 6.0 - Referente aos meses: Meses; Setembro (A), Outubro (B), Novembro (C), Dezembro (D) que mostra a ocorrência dos ecos meteóricos.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Previsão das Principais Chuvas de Meteoros para o Ano de 2005 (Fonte: IMO 2004).....	21
Tabela 2 - Altitudes radiantes para as Perseidas, visto de várias latitudes, Fonte: (Meteor and How to Observe Them, Lunsford 2009).....	22
Tabela 3 - Altitudes radiantes para as Leônidas, visto de várias latitudes, Fonte: (Meteor and How to Observe Them, Lunsford 2009).....	24
Tabela 4 - Altitudes radiantes para as Germinidas, visto de várias latitudes, Fonte: (Meteor and How to Observe Them, Lunsford 2009).....	26
Tabela 5 - Critérios utilizados para análises dos meteoros.....	37
Tabela 6 - Mostra a previsão das chuvas para o ano de 2005 (lado esquerdo) e comparação com os picos dos ecos rastreados pelo radar meteórico de São João do Cariri no ano de 2005 (lado direito).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IMO - Organização Internacional de Meteoros

LST - Tempo Sideral Longitudinal

MLT - Mesosphere and Lower Thermosphere

UA - Unidade Astronômica

UTC - Tempo Universal de Coordenada

ZHR - Taxa Horária Zenital

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 - Chuvas de meteoros	
<i>1.1 A Origem dos Meteoros</i>	14
<i>1.2 Trajetória dos Meteoros</i>	16
<i>1.3 Classificação dos Meteoros</i>	18
<i>1.4 Chuvas de Meteoro</i>	19
<i>1.5 Chuva de Meteoros Perseídas</i>	22
<i>1.6 Chuva de Meteoros Leônidas</i>	24
<i>1.7 Chuva de Meteoros Geminidas</i>	26
<i>1.8 Como observar chuvas de meteoros</i>	28
<i>1.9 Estudos de chuvas de meteoros utilizando medidas de Radar</i>	29
CAPÍTULO 2 – Técnicas de Radar	
<i>2.1 Tipos de Radar</i>	31
<i>2.2 Instrumentação</i>	33
<i>2.3 O RADAR Meteorológico SkiyMet</i>	34
Capítulo 3 Métodos e Resultados	
<i>3.1 Metodologia</i>	37
<i>3.2 Resultados</i>	38
Conclusão	42
REFERÊNCIAS	43

INTRODUÇÃO

Desde a infância o homem tem a curiosidade de observar o céu e vê os fenômenos que se apresenta a ele, desde fatos isolados como meteoros esporádicos a eventos que se repetem como chuvas de meteoros. O conhecimento humano avança através de questionamentos muitas vezes partindo do senso comum e vai amadurecendo com o conhecimento científico. Os interesses pelo estudo do conhecimento científico transformam o que era senso comum em bom senso, pois passando a indagar e deter a detalhes que passariam despercebidos (Silva et al 2013).

Os cometas conhecidos como "mensageiros celestes" são corpos celestes que carregam informações importantes a respeito da origem do sistema solar, devido a sua constituição, sua forma e seus movimentos (Correa, 2003).

O estudo de meteoros é importante para o entendimento dos processos que formaram o Sistema Solar, pois esses fragmentos podem trazer em sua estrutura informações fundamentais para a compreensão do Universo. Existem meteoros formados juntos com o Sistema Solar e, portanto, fornecem dados valiosos sobre as condições físicas a que foram expostos durante bilhões de anos (Pereira, 2015).

Tradicionalmente, as chuvas de meteoros têm sido detectadas por meios visuais, seja por meio de equipes de observadores ou câmeras instaladas para vigiar a noite. A introdução do radar de meteoros construído para esse fim na década de 1950 tornou possível detectar e estudar meteoros em ablação durante o dia e em clima inclemente (McKinley, 1961).

A detecção de chuvas de meteoros podem ser usadas para calcular os parâmetros orbitais dos fluxos dos cometas que as originaram.

Essas chuvas podem gerar ondas planetárias na mesosfera, devido a energia cinética do meteoro ser transformada em grande parte em calor (Jenninkens 2006).

Neste trabalho, no Capítulo 1, faremos uma breve revisão sobre as interações que ocorrem na atmosfera terrestre envolvendo os meteoros, sua composição, as possíveis causas do seu aparecimento e os efeitos que eles provocam nas camadas atmosféricas, discutiremos a respeito das chuvas de

meteoros, se elas modificam parâmetros medidos pelo radar meteórico. No Capítulo 2, iremos mostrar as técnicas de radar utilizadas para a obtenção de dados de meteoros através desses equipamentos, abordando sobre o radar SKIYMET, e por fim no Capítulo 3, faremos uma análise dos dados dos ecos meteoricos do radar captados durante o ano de 2005 em São João do Cariri, comparando com a previsão das chuvas de meteoros previstas pelo IMO para o mesmo ano.

CAPÍTULO 1 - CHUVAS DE METEOROS

1.1. A Origem dos Meteoros

Os meteoros têm origem predominante dos cometas que passam pelo trajetória do planeta, e um restante de fragmentos de asteróides, que são corpos sólidos que vagão pelo espaço interplanetário, tendo dimensões maiores do que 10m e menores do que 1000km (Corrêa 2003).

Segundo Ceplecha et al 1998, as velocidades de entrada dos meteoroides estão entre 11,2 km/s (que é limite inferior de velocidade, causado devido a atração da gravidade) e 72,8 km/s, que o limite superior devido a composição da velocidade parabólica de meteoroides situados a aproximadamente 1UA (Unidade astronômica) de distância do sol.

A formação de meteoros depende da velocidade geocêntrica, densidade e composição química, seção de choque e ângulo de incidência na atmosfera. Ao penetrar na atmosfera terrestre começa o processo de ablação que causa a perda da massa dos meteoroides por colisões com partículas presentes na atmosfera, os meteoros geram trilhas de plasma contendo fragmentos sólidos ou gás quente com átomos excitados e ionizados interferindo nas camadas da atmosféricas causando perturbações (Correa 2003).

A massa dos meteoroides capazes de forma meteoros devem ser maior ou igual a 10^{-6} g (Hughes, 1978), Os meteoros ocorrem em regiões da alta atmosfera terrestre entre 75 km a 120 km de altitude, observe a (figura 1.1), onde a maioria dos meteoroides é vaporizada (Muller ,1972).

Figura 1.1 (Segundo a Rede Brasileira de monitoramento de meteoros (Bramon) este meteoro da foto surgiu no Sertão nordestino no dia 15/07/2020 entre Carnaíba -PE e Princesa Isabel – PB.



Fonte:<http://www.novaondaonline.com.br/video-assista-a-queda-de-um-meteoro>.

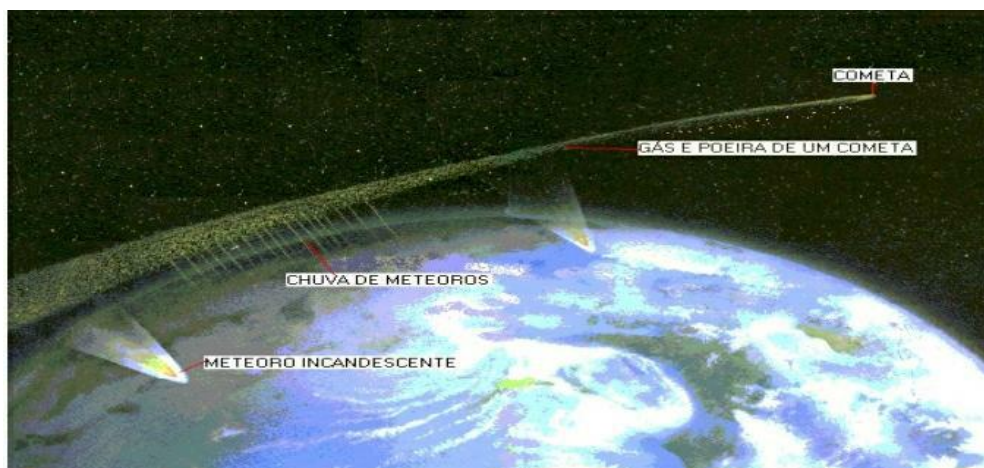
Os meteoros mais frequentes em nossa atmosfera são formados a partir de meteoróides cujas dimensões estão entre 0,05 mm e 20 cm, estas partículas começam a sublimar quando suas temperaturas superficiais atingem um valor de 2200 K, o que ocorre em torno de 80 e 90 Km de altitude, durante a formação de um meteoro, a temperatura do meio atinge cerca de 3000 K a 5000 K provocando ionização ou excitação dos átomos. O processo de ablação consome toda a massa do meteoróide, fazendo com que ocorra a queima total da partícula. Apenas uma pequena fração dos meteoróides consegue atingir o solo terrestre, porque poucos meteoróides com dimensões maiores que 20 cm interceptam o planeta, devido a isso que esporadicamente se observa meteoros brilhantes. Os que são de magnitude (grandeza da luminosidade do meteoro) de -8 ou menor são conhecido como bola de fogo. Nesse caso a queima do meteoróide termina antes da massa ser exaurida, restando um núcleo com massa igual a 10 g, e passa a ser chamado ao atingir o solo de terrestre de meteorito.(Ceplecha et al , 1998) Partículas com massas inferiores a 10^{-7} g passam pela atmosfera praticamente sem sofrer ablação não produzindo trilhas de meteoros (Whipple , 1950a e 1951a).Essas partículas são chamadas de micrometeoróide.A energia

cinética destas partículas quando convertidas em calor é completamente irradiado e o micrometeoróides não se vaporizam (Mickinley , 1961). Isto ocorre porque a taxa de energia irradiada por estas partículas é proporcional a sua área enquanto a energia térmica absorvida ao seu volume (Hughes, 1978).

1.2 Trajetória dos meteoros

Os meteoros são caracterizados por riscos rápidos e brilhantes no céu, comumente chamados de estrelas cadentes, observando a (figura 1.2) podemos ver que eles se formam, quando partículas sólidas provenientes do meio interplanetário (de cometas, asteróides ou detritos espaciais) adentram na atmosfera da terra, sendo vaporizados.

Figura 1.2 (Ilustração de uma chuva de meteoros e sua relação com a passagem de um cometa.



Fonte:<http://www.observatório.ufmg.br/dicas07.htm>.

A cabeça do meteoro corresponde a um ponto brilhante em movimento na qual emite radiação, e dependendo da energia cinética da partícula, pode-se formar atrás da cabeça do meteoro um rastro, denominado trilha do meteoro, podendo durar frações de segundos ou até dias (Mickinley,1961). As técnicas instrumentais do próximo capítulo, abordaram como a trilha de um meteoro pode ser detectada.

O ponto da esfera celeste do qual surge o meteoro é denominado de radiante, podemos notar esse efeito através da chuva de meteoros, pois é como se eles estivessem vindos de uma mesma região do espaço.

Podemos separar em quatro etapas distintas a interação dos meteoroides na atmosfera, na (Figura 1.3) podemos ver; pré-aquecimento, ablação, escurecimento e impactos. Temos abaixo a descrição de cada um desses regimes, com base nos artigos publicados por (Ceplecha et al. 1998).

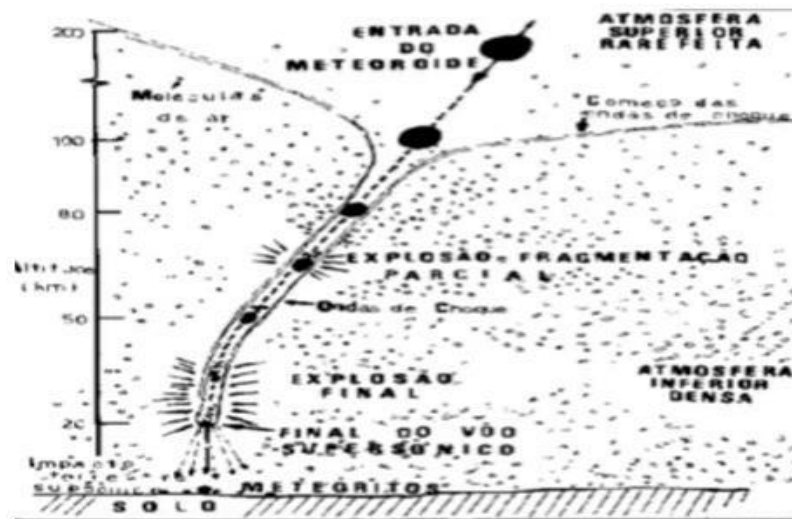
1ª etapa – o pré-aquecimento de um meteoróide é devido às colisões que sofre com moléculas da atmosfera quando se desloca entre 300 km e 100 km. Nesse estágio, a temperatura superficial do meteoróide cresce exponencialmente com o tempo. Contudo, o interior destas partículas permanece com temperatura praticamente inalterada, com exceção de pequenos grãos. O estágio de pré-aquecimento é curto e a máxima temperatura atingida, neste caso, é da ordem de 900 K.

2ª etapa – ocorre o processo de ablação, que se caracteriza inicialmente pela erosão da superfície do meteoróide a baixa temperatura, gerando pequenos fragmentos. O estágio final da ablação corresponde à evaporação tanto do meteoróide quanto dos seus fragmentos atingirem temperaturas maiores ou iguais a 2200 K. A ablação é um processo importante, sendo uma consequência da transferência de energia cinética do meteoróide para o meio. Esta perda de energia implica na desaceleração do meteoróide. Quando, por exemplo, uma partícula desacelera até atingir a velocidade de 3 km/s em uma região da atmosfera bem acima da superfície terrestre e com uma massa ainda significativa (10g-10Kg), continua caindo em direção ao solo, mas sem emitir radiação. Esta fase corresponde a um vôo obscuro do meteoróide, pois não há gás quente o suficiente em torno desta partícula para formar uma trilha de excitação e ionização.

3ª etapa – nesta fase não há energia cinética suficiente para evaporar ou aquecer o meteoróide. Dessa forma, inicia-se um processo inverso ao do pré-aquecimento, ou seja, um resfriamento rápido do meteoróide, (temperatura cai exponencialmente com o tempo). Uma fina crosta é então criada em volta do material restante do meteoróide devido à baixa temperatura. Neste estágio, a partícula sofre grande desaceleração e sua velocidade diminuirá centenas de m/s. Além disso, a partícula assume um movimento de queda livre vertical, em que sua

velocidade passa a variar com a raiz quadrada da densidade do ar. Neste caso, se a densidade do ar fosse constante, então a velocidade do meteoróide também se manteria constante.

Figura 1.3 (Etapas da entrada de um meteoróide na atmosfera terrestre até cair no solo como meteorito.



(Zucolotto et al, 2013).

4ª etapa – as velocidades de impactos de meteoritos na superfície terrestre variam, em geral, de 10 m/s a 100m/s para massas terminais em 10 g e 10 Kg, respectivamente. O impacto destas partículas forma pequenos buracos no solo cujos tamanhos são maiores que a dimensão do próprio meteorito. Contudo, se acontecer de um meteoróide sofrer continuamente o processo de ablação até atingir a superfície terrestre, um impacto muito maior ocorre. Neste caso, forma-se imensas crateras causadas pela súbita explosão gerada em consequência da enorme quantidade de energia cinética que é transferida ao solo devido à abrupta desaceleração do meteoróide no momento do impacto.

1.3 Classificação dos Meteoros

A distribuição dos Meteoróides no espaço interplanetário é apresentado em duas classes de meteoros: **chuvas** e **esporádicos**.

Os meteoros esporádicos são aqueles que se desprendem dos feixes, se tornando meteoros solitários.

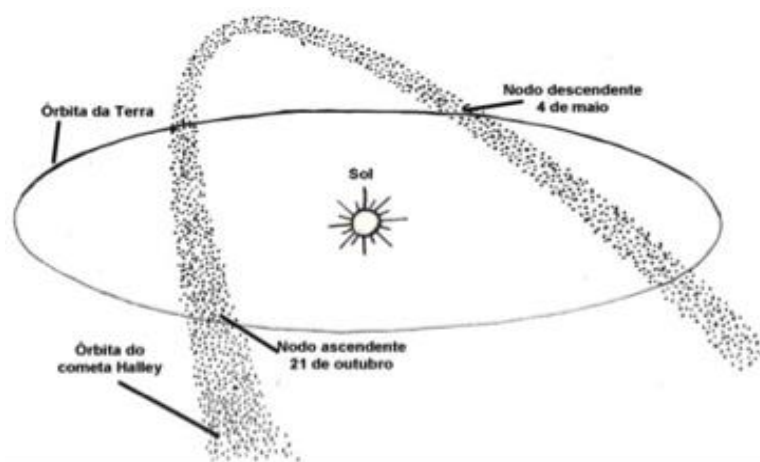
A colisão entre as partículas dos feixes se torna o principal processo deste fenômeno, sendo mais eficiente no periélio devido à maior densidade de partículas nessa região, o efeito (*Poynting-Robertson*) que é a perturbação pela radiação solar e perturbações gravitacionais causadas pela aproximação de planetas também podem provocar a saída dos meteoroides dos feixes (Corrêa 2003).

A maioria dos Meteoros que ocorrem na Terra é devido aos meteoroides dissociados de qualquer feixe, e mesmo que o nome signifique que eles aconteçam com menos frequência, os meteoros esporádicos estão constantemente ocorrendo.

1.4 Chuvas de Meteoro

Durante a passagem de um cometa ver (Figura 1.4), rastros de poeiras são deixados, podendo ser do tamanho de meteoros, esses rastros formam os feixes de meteoroides que ficam vagando pelo espaço, até serem interceptados pelo planeta terra, ocorrendo à interação, e em seguida acontecendo o fenômeno denominado **chuvas de meteoros**, um chuveiro de riscos brilhantes no céu.

Figura 1.4 Órbita do cometa Halley cruzando a órbita da Terra duas vezes ao ano, resultando respectivamente nas chuvas de meteoros, Eta Aquarídea e Orionídeas.



Zucolotto et al 2013.

Mais detalhadamente podemos classificar a ocorrência das chuvas de meteoros de 3 formas: Feixes de meteoros produzidos pelo decaimento de cometa ((Whipple, 1950b e 1951b), Colisões sofridas por asteróides causando fragmentações com frequência maior no afélio ((Williams, 1993), e a desintegração de núcleos cometários ((Steel et al., 1991).

Diversos feixes de meteoros estão cotidianamente no trajeto do planeta (Ceplecha et al., 1998). Fazendo com que estudos sejam feitos e discutidos a respeito desses conceitos. Segundo (Leme 1994) após um determinado tempo esses meteoroides formam um anel de pequenas partículas com orbitas similar, mas não igual exatamente a mesma do cometa, designado por **feixe de meteoroides**.

Para (Hughes, 1978): São três os estágios de evolução de um feixe de meteoroides.

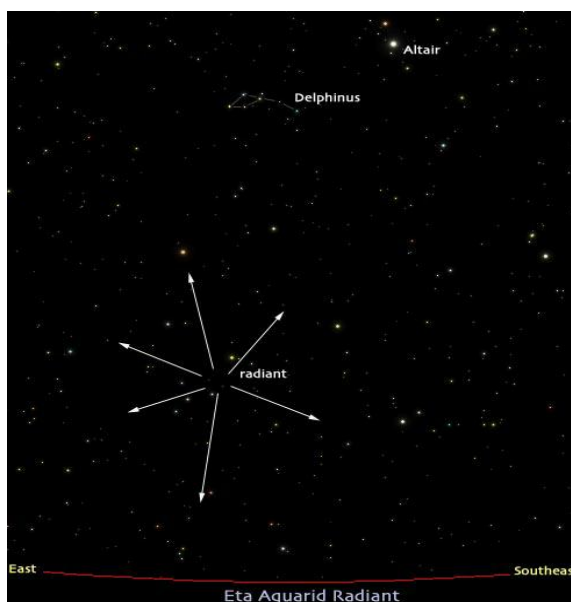
1º. Estágio – O feixe de meteoroides ocupa apenas uma certa porção da órbita do cometa. Isto ocorre pelo fato do cometa ter passado poucas vezes pelo periélio. As chuvas de meteoros associadas a este estágio têm duração de poucas horas. Estas chuvas apresentam aumentos no influxo de partículas exatamente quando ocorre a passagem do cometa associado com o feixe que dá origem a chuva de meteoros (ex.: Leônidas e Giacobinidas);

2º. Estágio – O feixe de meteoroides encontra-se completamente preenchido, porém com menor concentração de meteoroides no afélio do que no periélio. As chuvas, neste caso, são curtas e apresentam um radiante bem concentrado com taxas de ocorrência razoavelmente constantes (ex.: Quadrantidas e Liridas);

3º. Estágio – A largura do feixe de meteoroides é apreciavelmente maior. Acredita-se que são feixes antigos que tiveram tempo suficiente para que colisões entre os meteoroides tenham ocorrido de maneira a provocar um grande alargamento do feixe. As chuvas, nesta configuração, duram semanas ou até mais, apresentando um radiante bem difuso (ex.: Perseidas).

Como definido anteriormente, o ponto da esfera celeste onde diversos meteoros parecem surgir do mesmo lugar é chamado de **radiante**, (Figura1.5) a posição dele no céu, indica qual é a constelação e conseqüentemente a classificação dada a cada chuva de meteoros (Corrêa 2003).

Figura 1.5 - Radiante da chuva de meteoros
Eta Aquarid.



Fonte: www.meteorshower.org.

Tabela 1 – Previsão das Principais Chuvas de Meteoros para o Ano de 2005.

Chuvas	Período de Atividade	Pico de Atividade	Velocidade (km/s)	ZHR
Quadrantidas	Jan 01 a 05	03Jan	41	120
Alfa-Centaurides	28 Jan a 21 Fev	07 Fev	56	6
Gama-Normides	25 Fev a 22 Mar	13 Mar	56	8
Lyridas	Abr 16 a 25	22 Abr	49	18
N-Aquarids	19 Abr a 28 Mai	05 Mai	66	60
S-Aquarids (SAD)	12 Jul a 19 Ago	28 Jul	41	20
Perseidas (PER)	17 Jul a 24 Ago	12 Ago	59	100
α -Aquarids (AUR)	25 Aug a 08 Set	01 Set	66	10
Draconidas (GIA)	06 Oct a 10 Out	08 Out	20	Var.
Orionidas (ORI)	02 Oct a 07 Nov	21 Out	66	23
Leonidas (LEO)	14 Nov a 21 Nov	17 Nov	71	20 +
Geminidas	07 a 17 Dez	14 Dez	35	120
Ursidas (URS)	17 a 25 Dez	22 Dez	33	10

Fonte: (IMO 2004)

Na tabela 1, podemos ver o período de observação das principais chuvas de meteoros de cada chuva em cada mês do ano de 2005, o período e o pico de atividade e a taxa horária zenital descrita pelo número de meteoros visualizado no período de uma hora abreviado pela sigla (ZHR), considerando as chuvas que teriam as maiores intensidade meteoros/ hora.

A seguir veremos a descrição das chuvas Perseidas, Leônidas e Germinídeas, na qual observaremos no capítulo de dados e resultados se nos dias destas chuvas houve alguma mudança nos dados do radar meteórico de São João do Cariri.

1.5 Chuva de Meteoros Perseídas

Situada na constelação de Perseu ver (Figura 1.6), iniciando atividade em 17 de julho ate 24 de Agosto. Apresenta apenas um pico de atividade da noite 11 para a madrugada de 12 de agosto, comparada com outras chuvas. (J Powell 2017).

A chuva de Perseidas ver (Figura 1.7), apresenta períodos regulares, com o pico da taxa horária zenital de 50, entre 10 e 13 de agosto. A existência de uma exibição regular de meteoros em meados de agosto é conhecida há pelo menos 1200 anos (Oliver, 1925), Herrick (1838) demonstrou que o evento era anual. A chuva Perseidas foi a primeira chuva associada a um cometa, segundo Schiaparelli (1867) a corrente das Perseidas tinha uma órbita muito semelhante à do então recém-descoberto cometa 1862 III, Swift-Tuttle, ao contrário de outras chuvas, uma nuvem de detritos continua sendo semeada pelo cometa a cada 130 anos quando sua órbita se aproxima do sol, gerando as perseidas (J Powell 2017).

Tabela 2. Altitude radiante para as Perseidas, visto de várias latitudes

LST	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06
50° N	-	-	23	26	31	37	42	50	57	66	72	-	-
25° N	-	-	-3	4	9	16	24	31	39	46	52	55	-
00	-	-30	-26	-20	-13	-6	3	10	18	23	27	32	-
25° S	-56	-54	-49	-41	-34	-26	-19	-11	-6	0	4	7	7

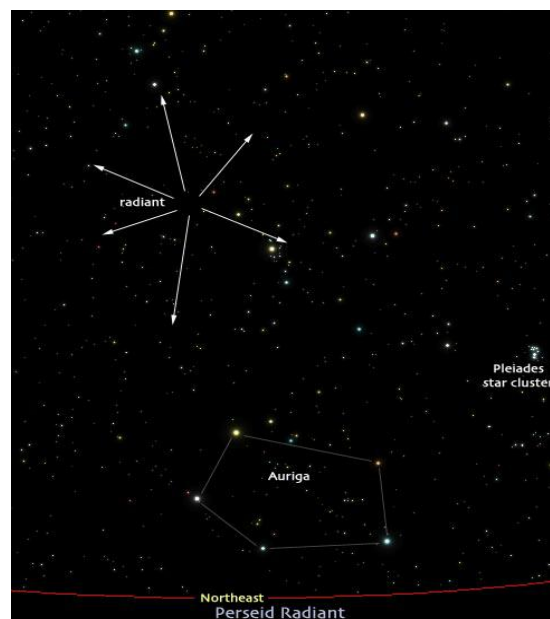
Fonte: (Meteor and How to Observe Them, Lunsford 2009)

As altitudes radiantes é a altura onde o radiante da chuva de meteoro se encontra na esfera celeste, os valores negativos da Tabela 2 mostram os radiantes abaixo da linha do horizonte, não sendo possível observar a chuva nos horários especificados.

Analisando as condições climáticas no período de julho a agosto, as chuvas Perseídas são chuvas com uma performance consistente de se observar no hemisfério norte, devido o clima quente, entretanto no hemisfério sul esse período é inverno, podendo prejudicar a observação.

Perto de 35 ° Sul de latitude e mais ao sul, torna-se impossível ver qualquer Perseidas devido seu radiante ficar abaixo do horizonte (Lunsford 2009).

Figura 1.6 (Radiante das Chuva de meteoros Perseidas.



Fonte: www.meteorshower.org

Figura 1.7 (Uma bola de fogo Perseidas atira no comprimento de Ursa Menor.



Fonte: Lunsford 2009.

1.6 Chuva de Meteoros Leônidas

Os primeiros relatos da chuva de Leônidas datam de 902 d.C. (J Powell 2017). A chuva de meteoros Leônidas é situada no quadrante noroeste da constelação de Leão, apresenta taxa horária de pouca duração, aproximadamente 12 por hora, no período de 14 a 21 de Novembro (Ceplecha et al 1998), contudo (Corrêa 2003) verificou que essa chuva só durou um dia em 1999 e 2001 e dois dias no ano 2000, fugindo da periodicidade do evento. O pico de ocorrência de Leônidas se dar entre os dias 17 e 18 de novembro. Com um radiante acima do horizonte no período de 4h a 15h (UTC), A posição média de seu radiante corresponde a 10,3 horas em ascensão reta, e $+22^\circ$ em (Corrêa 2003). Na qual essa ascensão é o ângulo medido sobre o equador, com origem no meridiano que passa pelo ponto Áries, e extremidade no meridiano do astro, variando entre 0° e 360° ou entre 0h e 24h), e a declinação é o ângulo medido sobre o meridiano do astro (perpendicular ao equador), com origem no equador e extremidade no astro, variando entre -90° e $+90^\circ$.

Tabela 3. Altitude radiante para as Leônidas, visto de várias latitudes

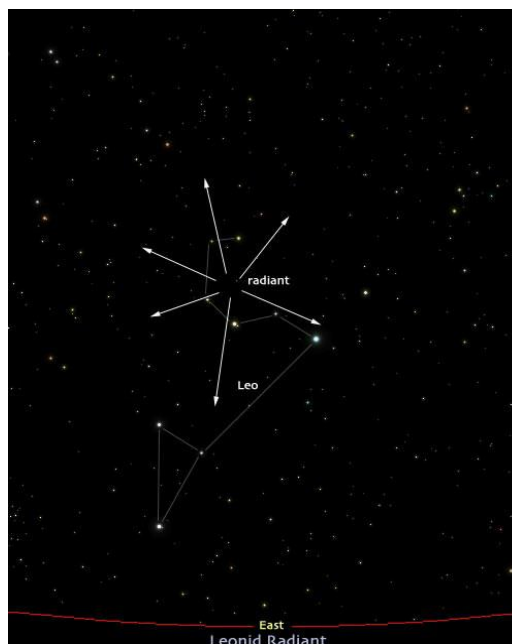
LST	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06
50° N	-18	-17	-14	9	-3	6	14	23	33	42	51	58	63
25° N	-42	-42	-37	29	-19	-7	5	18	31	44	57	71	83
00	-	-66	-57	-45	-32	-19	-5	9	22	36	49	60	-
25° S	-	-81	-68	-54	-41	-27	-14	-2	10	22	32	-	-

Fonte: (Meteor and How to Observe Them, Lunsford 2009)

A chuva de meteoros Leônidas é uma chuva bem vista ao redor do planeta, no mês de novembro, no Hemisfério Norte tem noites mais longas, e altitudes radiantes ver (Figura 1.8) ligeiramente mais altas, antes que o crepúsculo matinal comece a interferir, ao contrário das noites do Hemisfério Sul que são, progressivamente mais curtas. O radiante de Leônidas visto do equador se eleva perto das 0030 LST (12:30).

A atividade de Leônidas é observável até as 0500 LST, quando o amanhecer começa, e o radiante fica 60° acima do horizonte nordeste, cerca de 87 % da atividade de Leônidas pode ser vista (Lunsford 2009).

Figura 1.8 (Radiante da chuva de meteoros Leônidas)



Fonte: www.meteorshower.org.

Esta chuva apresenta uma variação em torno de 71 e 72 km/s de velocidade média (McKinley, 1961; Ceplecha et al., 1998). Com um clima e atmosfera favorável as Leônidas ver (Figura 1.9) podem produzir um ZHR de 20 durante um pico de atividade, caracterizados por meteoros rápidos, com cores predominantemente azuis e verdes com muitos trens de poeiras persistentes, quando o meteoro não deixa rastros, pode aparecer trens de poeiras feito de gás ionizado. (J Powell 2017).

Figura 1.9 (Uma Leônidas dispara em Auriga, o Cocheiro.



Fonte: Lunsford 2009.

1.7 Chuva de Meteoros Germinídeas

A chuva de meteoros Germinídeas é uma chuva de longa duração com radiante difuso se apresenta no período de 04 a 16 de Dezembro com o pico no dia 14 (Leme 1994).

Segundo (Corrêa 2003) Germinídeas foi registrada pela primeira vez em 1862 com o radiante surgindo da região norte da constelação de Gêmeos, próximo às duas estrelas de maior brilho dessa constelação (Castor e Pollux). Correlacionando os dados do asteróide Apollo 3200 Phaethon com a origem do feixe meteórico de Germinídeas, à uma coincidência dos parâmetros orbitais (Whipple, 1983).

Tabela 4. Altitude radiante para os Geminídeos, visto de várias latitudes

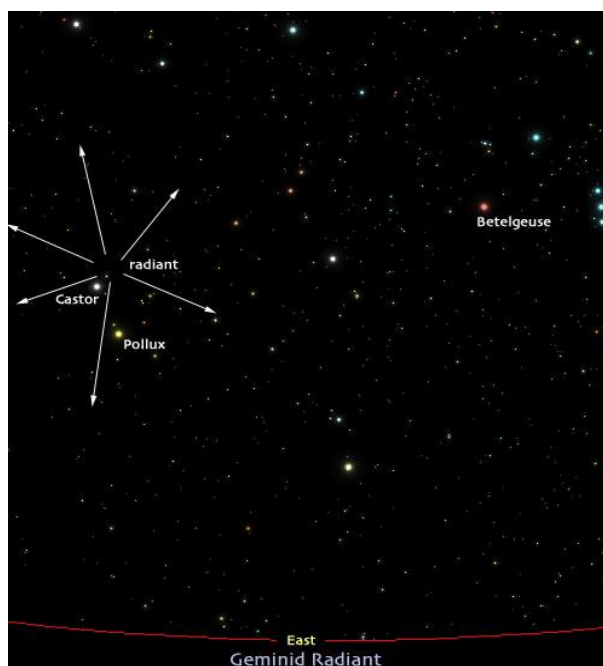
LST	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06
50° N	8	17	26	35	44	54	63	71	73	69	62	52	43
25° N	-7	3	14	26	38	51	63	75	82	73	62	48	37
00	-	-12	0	13	25	36	46	54	57	53	45	35	-
25° S	-	-	-13	-2	8	18	25	29	32	29	25	-	-

Fonte: (Meteor and How to Observe Them, Lunsford 2009)

A maioria dos Geminídeos que passam pelo planeta são vistos baixos nos céus do norte e do sul. Eles são facilmente identificados por seus longos caminhos, que duram muitos segundos. Do equador as condições de visualização tornam-se um pouco desfavorável, deste local o radiante Geminídeos sobe perto

de 2000 LST (20:00) ela culmina perto de 0200, quando atinge 57° de altura no céu do norte. Nesta altitude, ainda 84 % de toda a atividade Germinídeas pode ser vista, ao amanhecer, o radiante ver (Figura 2.0) ainda está a 35° de altura no céu do ocidente (Lunsford 2009).

Figura 2.0 Radiante da chuva Germinidas.



Fonte: www.metershower.org.

Quanto a aparência intensificada das Germinídeas coloca a chuva como sendo um dos eventos astronômicos do ano com meteoros lentos e fáceis de detectar, produzindo um maioria de meteoros da cor branca, 25 % amarelo e 10 % em azul ou verde. (J Powell 2017).

Os meteoros associados a essa chuva (Geminídeos) são brilhantes e têm velocidades de 35 km/s (McKinley, 1961; Ceplecha et al., 1998). Este resultado é exatamente igual ao valor médio derivado do intervalo de velocidades encontrado por Corrêa (2003) para esta chuva. A taxa horária média de Geminidas é 90,6 meteoros/ h. A altura típica de formação dos Geminídeos é em torno de 91 km.

1.8 Como Observar Chuvas de Meteoros

Existem diversas formas de se observar chuvas de meteoros, podemos citar a visualização a olho nu, Câmeras fotográficas (Jones & Hawkes, 1975), Filmadoras, televisão (Naumann & Clifton, 1973; Hawkes & Jones, 1986; Hawkes, 1993) Telescópios (Lovell, 1954), e Radar (Kaiser & Class, 1952). Cada instrumento tem a suas vantagens e desvantagens no momento da coleta dos dados.

Dentre várias variáveis que podem interferir, temos: o horário em que ocorrem mais meteoros, geralmente maior quantidade nas primeiras horas da manhã, no início do crepúsculo astronômica quando o sol esta a 18° abaixo do horizonte, o céu ainda esta suficientemente escuro para continuar a observar, especialmente se voltado para a metade ocidental do céu.

A observação a olho nu proporciona campo amplo e pode detectar meteoros fracos que estão fora do alcance das câmeras, mas devido a fadiga, o cérebro pode falhar, a ponto da visão humana perder o reflexo de ver objetos rápidos (Lunsford 2009).

Para observações visuais básicas podemos citar as seguintes condições; olhos bem descansados, contagem do número de meteoros, condições meteorológicas, Magnitude (que pode ser feito de duas formas: Mapa Estelar e Contagem de Estrelas).

Para observações visuais intermediárias é preciso saber a localização exata do meteoro, distinguindo se ele vem de uma chuva ou é um esporádico, a localização se da através do seu radiante em qual constelação ele se encontra. Outro parâmetro a ser considerado é a magnitude de cada meteoro, com ela podemos estimar o índice populacional da chuva, estes dados ajudar a determinar a taxa horária do zênite (ZHR) de uma chuva (Lunsford 2009).

Para observações avançadas devemos considerar os seguintes parâmetros, cor do meteoro, comprimento, duração, velocidade angular, distância do radiante, altitude do meteoro, distância do centro de sua visão e a gravação de trens persistentes.

1.9 Estudos de chuvas de meteoros utilizando medidas de Radar

As chuvas de meteoros foram mapeadas no hemisfério sul por radar, começando no final dos anos de 1950, com mais de 60 anos coletando dados, em diferentes lugares. (Jenniskens et al 2017). Com essa sequência de dados a cada ano possibilita que pesquisadores adentrem a procura de respostas acerca do assunto.

A colisão de asteróides e desintegração de cometas é a principal fonte de poeira do Sistema Solar, essas colisões dão origem a um espesso disco circunsolar de pequenos detritos conhecidos como a Nuvem de Poeira Zodiacal (ZDC). Vários efeitos físicos produzidos por grandes corpos do sistema solar, resultam na poeira tendo tempos de vidas relativamente curtos. (D Janches, et al,2012).

Compreender a natureza do ZDC pode lançar luz sobre a história e o desenvolvimento do Sistema Solar, bem como sobre ambientes planetários solares (Malhota,1995; Johansen et al , 2007;Walsh et al .,2011; Nesvorny' et al .,2010; Wiegert et al ., 2009).

As chuvas de meteoros, em particular, são excelente ferramenta para esses estudos porque são o resultado direto da perda de massa cometária por meio de sua abordagem ao Sistema Solar interno (D Janches et al 2012).

Os meteoros esporádicos, por outro lado, são caracterizados por órbitas que perderam contato com o seu corpo de origem e, portanto, não se pode saber de onde vieram. Isso implica que, ao contrário de chuvas, eles não podem ser associados a um corpo original particular.

Assim, as chuvas de meteoros são uma excelente ferramenta para restringir modelos dinâmicos de evolução cometária, orbitais e físicos. Pesquisar e estudar chuvas de meteoros pode lançar luz sobre a composição e estrutura do cometa, velocidades de ejeção de poeira, corpo parental, massas e algumas vezes até restringem seu período no Sistema Solar (Sykes e walker, 1992; Jenniskens 2008; Wiegert e Brown, 2004; Borovicka et al , 2005).

Brown et al 2008 fornece um relato detalhado de pesquisas anteriores de chuvas conhecidas e, conforme discutidos pelos autores, os radares de meteoros são uma ferramenta eficaz para realizar essas pesquisas, em particular para partículas menores. O levantamento contínuo de chuvas de meteoros é

importante porque fornece informações sobre a força anual, às vezes cíclica, na atividade de chuvas e, assim restringir modelos de evolução de poeira no Sistema Solar.

Capítulo 2 - Técnicas de Radar

Com o intuito de diminuir os erros causados por outras técnicas de observação, o RADAR (*Radio Detection And Ranging*) é um dispositivo eletrônico capaz de detectar e localizar objetos até mesmo em condições climáticas inapropriadas.

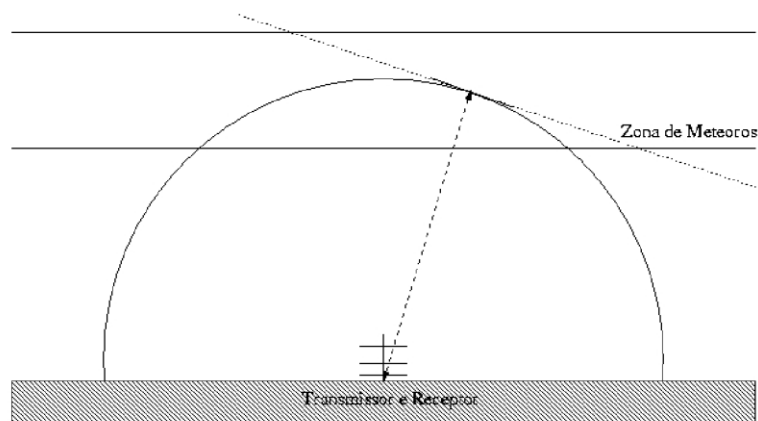
O radar é composto de pelo menos uma antena transmissora e uma antena receptora. A antena transmissora emite pulsos eletromagnéticos na faixa de rádio frequências. Os pulsos transmitidos se propagam dependendo das características do meio, podem ser refletidos ou espalhados. O radar detectam como ecos os pulsos refletidos de forma espetacular.

2.1 Tipos de Radar

Os radares apresentam duas técnicas básicas: monoestático (backscatter é o bi estático (forward-scatter).

O primeiro ver (Figura 3.1), possui o transmissor no mesmo local dos receptores na qual os focos são coincidentes, detectando apenas meteoros tangentes as esferas centradas nas antenas transmissor e receptoras, ou seja de uma forma limitada.

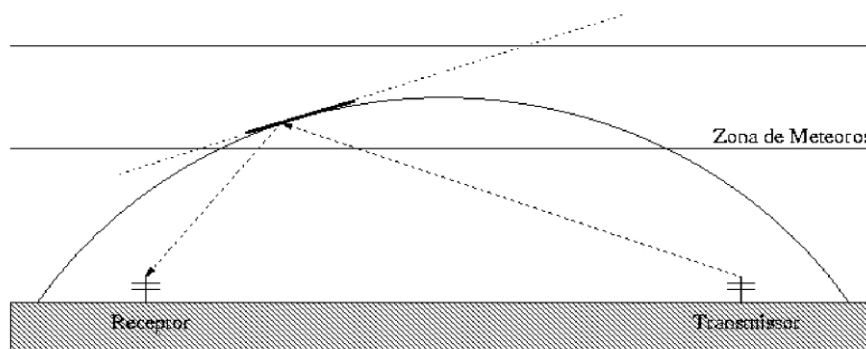
Figura 3.1 (Representação de um Radar monoestático (backscatter)



Fonte: Corrêa 2003).

Enquanto que o segundo ver (Figura 3.2), consiste em ter um transmissor situado a centenas de quilômetros de distância dos receptores. Na qual detectar meteoros com direções tangentes a elipsoides com focos no transmissor e no receptor, dessa forma a cobertura deste radar se torna mais abrangente do que o anteriormente citado.

Figura 3.2 (Representação do Radar bi-estático (forward-scatter))



Fonte: Correa 2003

Os parâmetros fornecidos pelo radar são: Velocidade (Geocêntrica e Radial), direção (Posição Angular) e distância (Alcance).

Dentre os dois tipos de velocidades, a geocêntrica é determinada a partir da entrada do meteoro na atmosfera utilizando a difração de Fresnel, a segunda calcula o efeito de interferências causadas por ventos atmosféricos, quando o meteoro adentrar na camada de ar e gás que envolve a terra (McKinley, 1961).

Como a luz é uma onda eletromagnética podemos calcular o alcance R do radar relacionando o intervalo de tempo ΔT da ida e da volta do pulso transmitido pelo radar.

Logo:

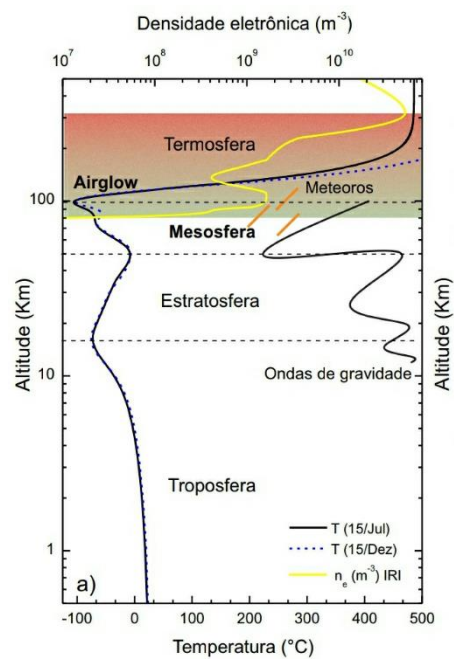
$$R = c \frac{\Delta t}{2} (1)$$

A posição Angular é determinada observando a direção de chegada da frente de onda refletida pela trilha do meteoro (Corrêa 2003).

2.2 Instrumentação

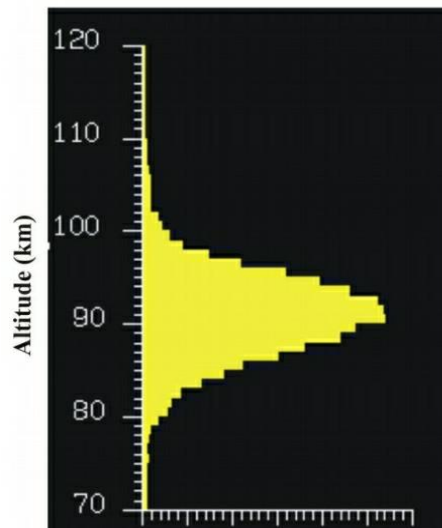
O objeto de estudo foi observado na região denominada MLT (Mesosphere and Lower Thermosphere) conhecida na literatura como a região, ver (figura 3.3) onde ocorre a maior incidência de meteoros, ver (figura 3.4) na faixa de 80 km a 110 Km, de altitude.

Figura 3.3 (Através do Perfil de temperatura das camadas atmosféricas, podemos ver a região MLT onde os meteoros são observados com mais intensidade.



Fonte: Carvalho 2011

Figura 3.4 Distribuição de ecos meteórico por altitude em quilômetros.



Fonte:
<https://128.39.153.24/SKiYMET/flux.htm>

2.3 O Radar meteórico SKiYMET

Denominado como radar do tipo backscatter (retro espalhamento), o radar meteoro SkiyMet é estruturado de cinco antenas yagis receptoras de dois elementos , formando uma base interferométrica, uma única antena transmissora emite pulsos eletromagnético de larguras de $13,3 \mu\text{s}$ e são emitidos a uma potência de 6 a 12 Kw, tendo aproximadamente 0,5 ms de intervalo ver (Figura 3.5), com uma resolução espacial (nível de detalhamento) de 2 km no céu, se 2 objetos estiverem na mesma altura, sua distância mínima tem que ser a desta resolução, caso contrário o radar não consegue distinguir que são dois corpos, o sinal será ambíguo.

Figura 3.5 (Configuração das antenas receptoras do radar meteorológico em São João do Cariri.

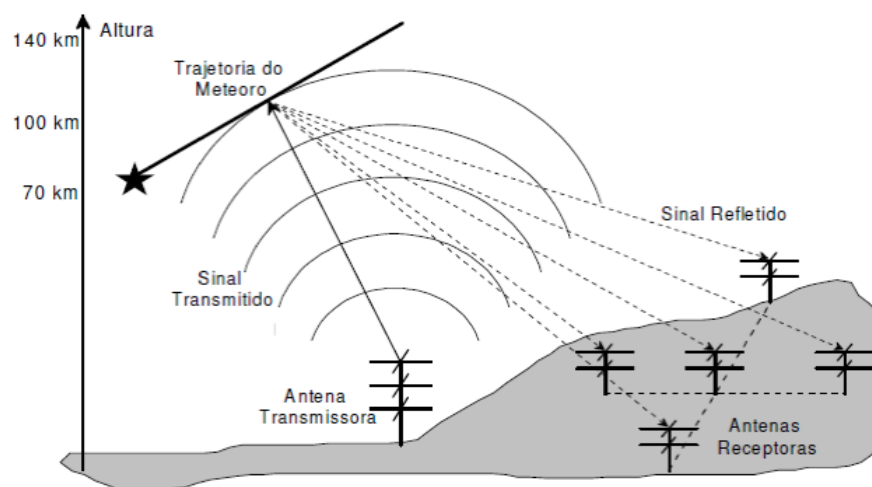


Fonte: OLAP 2004

Segundo Cervera et al 1997, devido o radar SkiyMet ter uma frequência de repetição de pulso igual a 2144 Hz, esta condição possibilita determinar a velocidade de entrada de muitos meteoros na atmosfera. Tendo os dados da distância dos meteoros (alcance do radar) bem como as coordenadas horizontais locais (azimute e elevação), podemos determinar a altura deles.

Construído com uma técnica interferométrica capaz de cobrir o céu inteiro acima do horizonte, devido o espaçamento ideal entre as antenas, o radar SkiyMet (Figura 3.6) também encontra a localização angular de objetos devido cada antena receptora lhe passar informações das fases.

Figura 3.6 Esquematização das antenas receptoras e a transmissora



(Wrasse 2001)

Através de um programa do sistema SkiyMet podemos encontrar as seguintes grandezas:

- Data e hora (ano, mês, dia, hora, minuto, segundo e milissegundo)
- Velocidade de entrada de meteoros na atmosfera.
- A altura do meteoro.
- A distância zenital e o ângulo azimute do meteoro.
- O alcance do eco.
- O nível de ambiguidade.
- O erro de fase entre os pares de antenas.
- O tempo de duração da trilha meteórica.

O critério de seleção de meteoros pelo radar é dado através de dois estágios: o primeiro faz uma primeira análise de captura de possíveis objetos que podem ser potencialmente meteoros, o segundo faz uma análise mais detalhada para ver se os ecos são de proveniente de meteoros.

O radar SkiyMet de São João do Cariri foi instalado no ano de 2004 no OLAP (observatório de luminescência da Paraíba), ver (Figura 3.7) contribuindo com a produção de dados para análises de diversos parâmetros atmosféricos, dentre eles os fluxos de meteoros, e outros fenômenos nas altitudes compreendidas entre 70Km a 110 Km.

Figura 3.7 (OLAP localizado na cidade de São João do Cariri.



Foto: Ricardo Buriti)

CAPÍTULO 3 - MÉTODOS E RESULTADOS

3.1 Metodologia

De início coletamos os dados compreendidos de Janeiro a Dezembro de 2005, através do Radar SkiyMet de São João do Cariri - PB.

Figura 3.8 (Exemplo de arquivo gerado pelo computador ligado ao radar de São João do Cariri e transferido para o Excel.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Date	Time	File	Rge	Ht	Vrad	delM	Theta	PHD	Ambig	Delphase	ant	pair	IREX	amax	Tau	vmet	sredb
2	20050301	0:01:31.894		0 110.0	87.5	44.80	1.27	37.6	120.6	1	7.1	46		1 9438.	92 -9.99			15.9
3	20050301	0:01:31.881		1 112.0	89.0	44.38	1.61	37.6	120.5	1	8.5	46		1 9439.	78 -9.99			15.3
4	20050301	0:01:51.007		2 99.0	78.6	20.00	3.73	37.3	278.5	1	25.8	46		1 3258.	231 -9.99	14.0		
5	20050301	0:02:23.776		4 199.9	98.3	4.73	89	56.1	161.7	1	11.5	15		1 7221.	46 -9.99			20.2
6	20050301	0:02:23.772		5 187.9	95.5		04.06 1.22	56.0	161.9	1	19.9	15		1 5733.	46 -9.99			17.6
7	20050301	0:02:28.485		6 124.0	84.0	25.41	32	47.8	146.1	1	8.2	15		1 5389.	147 -9.99			16.9
8	20050301	0:02:47.388		7 193.9	90.2	83.32	88	63.1	130.4	1	11.9	25		1 2499.	114 -9.99			11.5
9	20050301	0:02:47.381		8 195.9	89.7	83.19	2.35	63.5	130.2	1	13.1	23		1 2164.	112 -9.99			10.8
10	20050301	0:03:08.851		9 227.9	93.0	59.48	1.39	66.8	177.1	1	6.7	23		1 7001.	73 -9.99			18.4
11	20050301	0:04:12.925	0000A	108.0	78.9	7.60	12	43.4	174.8	1	5.6	35		1 9897.	100 -9.99			21.6
12	20050301	0:04:12.925	0000B	109.0	77.7	7.36	89	43.1	174.7	1	6.3	35		1 3500.	103 -9.99			13.6
13	20050301	0:04:43.231	0000C	132.0	94.3	1.78		05.03 44.8	162.8	1	35.3	25		1 4025.	60 -9.99			13.5
14	20050301	0:05:55.999	0000D	130.0	83.5	-30.29	1.74	50.4	317.6	1	10.9	24		1 1891.	289 -9.99			9.4
15	20050301	0:06:13.890	0000E	197.9	89.7	57.14	3.62	63.8	255.8	1	22.5	25		1 2114.	60 -9.99			11.5
16	20050301	0:07:05.011	0000G	199.9	94.1	48.92	22	62.7	207.1	1	9.6	25		1 6881.	95 -9.99			20.1
17	20050301	0:07:05.007	0000H	197.9	93.1	47.04	13	62.7	207.1	1	9.3	35		1 8916.	93 -9.99			22.6
18	20050301	0:07:08.903	0000I	134.0	87.9	70.46	39	48.4	143.3	1	3.6	15		1 4383.	115 -9.99			18.8
19	20050301	0:08:14.190	0000K	84.0	83.0	75	1.84		8.9 146.6	1	8.2	13		1 2381.	159 -9.99			8.0
20	20050301	0:08:55.328	0000L	159.9	90.9	38.21	1.83	56.0	206.7	1	18.4	35		1 2414.	77 -9.99			11.3
21	20050301	0:12:32.093	0000M	155.9	92.8	40.37	05	54.1	205.5	1	10.1	35		1 11302.	143 -9.99			24.8
22	20050301	0:12:32.099	0000N	153.9	91.5	40.30	03	54.1	205.6	1	8.3	35		1 20415.	140 -9.99			30.6
23	20050301	0:12:53.390	0000O	193.9	88.2	13.93	1.40	58.1	199.4	1	15.2	46		1 2578.	160 -9.99			13.1
24	20050301	0:12:58.904	0000P	90.0	82.9	5.39		02.05 23.0	191.7	4	36.8	25		1 2348.	43 -9.99			10.7
25	20050301	0:12:58.904	0000P	159.9	94.0	5.39		02.05 54.6	185.6	4	36.7	24		1 2348.	43 -9.99			10.7
26	20050301	0:12:58.904	0000P	209.9	74.9	5.39		02.05 79.8	213.8	4	24.3	13		1 2348.	43 -9.99			10.7
27	20050301	0:12:58.904	0000P	309.8	94.3	5.39		02.05 79.8	213.8	4	24.3	13		1 2348.	43 -9.99			10.7
28	20050301	0:13:07.899	0000Q	171.9	86.8	-36.29	1.40	60.3	231.4	1	11.0	25		1 2468.	167 -9.99			11.8
29	20050301	0:14:03.735	0000R	249.9	93.7	-10.16	54	68.4	198.1	1	8.2	35		1 4178.	50 -9.99	16.0		
30	20050301	0:14:03.731	0000S	241.9	91.7	-9.93	1.29	68.7	195.8	1	11.1	23		1 2912.	55 -9.99	12.0		
31	20050301	0:14:52.254	0000T	171.9	95.4	47.67	1.32	59.9	208.4	1	17.7	35		1 3040.	76 -9.99	14.0		
32	20050301	0:14:52.254	0000U	189.9	94.4	47.42	2.21	59.9	208.6	1	19.2	25		1 2241.	81 -9.99			10.9

Foto: Autor

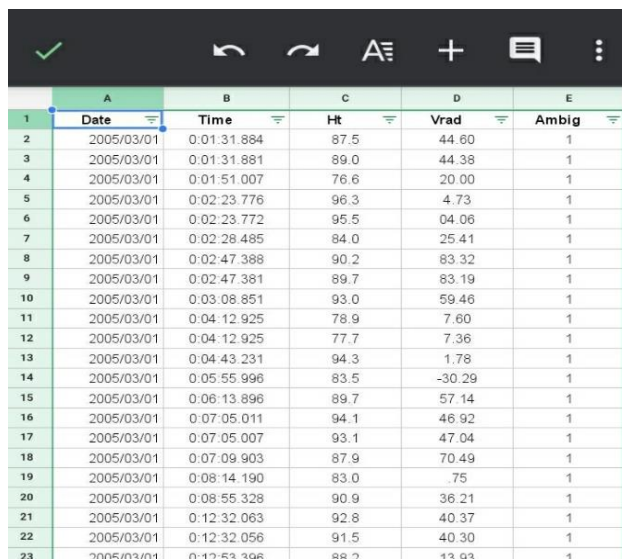
Em seguida os dados foram colocados no Excel para ser feita a filtragem deixando apenas os parâmetros seguindo as condições da tabela abaixo.

Utilizamos a altura de 89 a 91 Km, para a ambiguidade, excluimos os valores maiores que 1, devido o radar detectar sinais duplicados, onde possivelmente seria apenas de um meteoro.

Tabela 5 – Critérios utilizados para análises dos meteoros

Altura (Ht) em Km	Velocidade Radial (Vrad)	Ambiguidade (Ambig)
89 a 91	<150	1

Figura 3.9 (Aplicação dos filtros no Excel).



	A	B	C	D	E
1	Date	Time	Ht	Vrad	Ambig
2	2005/03/01	0:01:31.884	87.5	44.60	1
3	2005/03/01	0:01:31.881	89.0	44.38	1
4	2005/03/01	0:01:51.007	76.6	20.00	1
5	2005/03/01	0:02:23.776	96.3	4.73	1
6	2005/03/01	0:02:23.772	95.5	04.06	1
7	2005/03/01	0:02:28.485	84.0	25.41	1
8	2005/03/01	0:02:47.388	90.2	83.32	1
9	2005/03/01	0:02:47.381	89.7	83.19	1
10	2005/03/01	0:03:08.851	93.0	59.46	1
11	2005/03/01	0:04:12.925	78.9	7.60	1
12	2005/03/01	0:04:12.925	77.7	7.36	1
13	2005/03/01	0:04:43.231	94.3	1.78	1
14	2005/03/01	0:05:55.996	83.5	-30.29	1
15	2005/03/01	0:06:13.896	89.7	57.14	1
16	2005/03/01	0:07:05.011	94.1	46.92	1
17	2005/03/01	0:07:05.007	93.1	47.04	1
18	2005/03/01	0:07:09.903	87.9	70.49	1
19	2005/03/01	0:08:14.190	83.0	.75	1
20	2005/03/01	0:08:55.328	90.9	36.21	1
21	2005/03/01	0:12:32.063	92.8	40.37	1
22	2005/03/01	0:12:32.056	91.5	40.30	1
23	2005/03/01	0:12:53.396	88.2	13.93	1

Foto: Autor

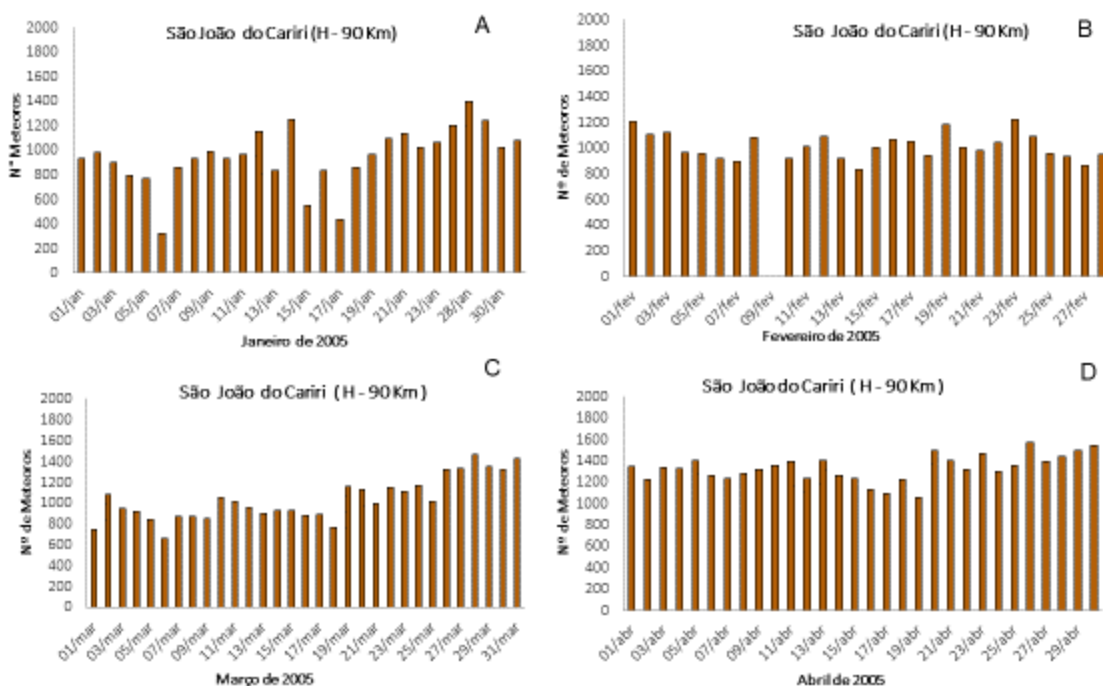
Após a filtragem selecionamos os dados dia a dia para fazer a contagem e gerar os gráficos dos correspondentes meses.

3.2 Resultados

Diante dos gráficos gerados sobre São João do Cariri, através do radar SkiyMet no ano de 2005, podemos ver uma forte ocorrência no número de meteoros do mês de janeiro (4A) apresentando dois picos seguidos, o primeiro no dia 12 e o segundo no dia 14, uma semana após a ocorrência das chuvas Quadrantidas. Outra alta nos números de meteoros com o pico maior no dia 28 de janeiro (Figura 4 A), com um total de 1392 ecos de meteoros, sugerindo ser a ocorrência das chuvas alfa centauro se estendendo até o dia 8 de fevereiro (Figura 4 B) com o pico menor do que o primeiro aparecendo no dia 1 de fevereiro (Figura 4 B) com um total de 1208 ecos de meteoros.

Para o mês de Março (Figura 4 C) podemos ver uma intensidade maior de ecos a partir do dia 24, tendo um pico maior no dia 28 com 1461 ecos e outro menor mais ainda expressivo no dia 31 com 1430 ecos. No mês de Abril (Figura 4 D) temos um mês com uma média mensal alta de ecos de meteoros com ênfase a parti do dia 20 ao dia 30, tendo um pico máximo no dia 26 sugerindo ser as chuvas Líridas, devido coincidir com o período descrito na literatura.

Figura 4.0 referente aos meses: Janeiro (A), Fevereiro (B), Março (C), Abril (D) que mostra a ocorrência dos ecos meteorico.



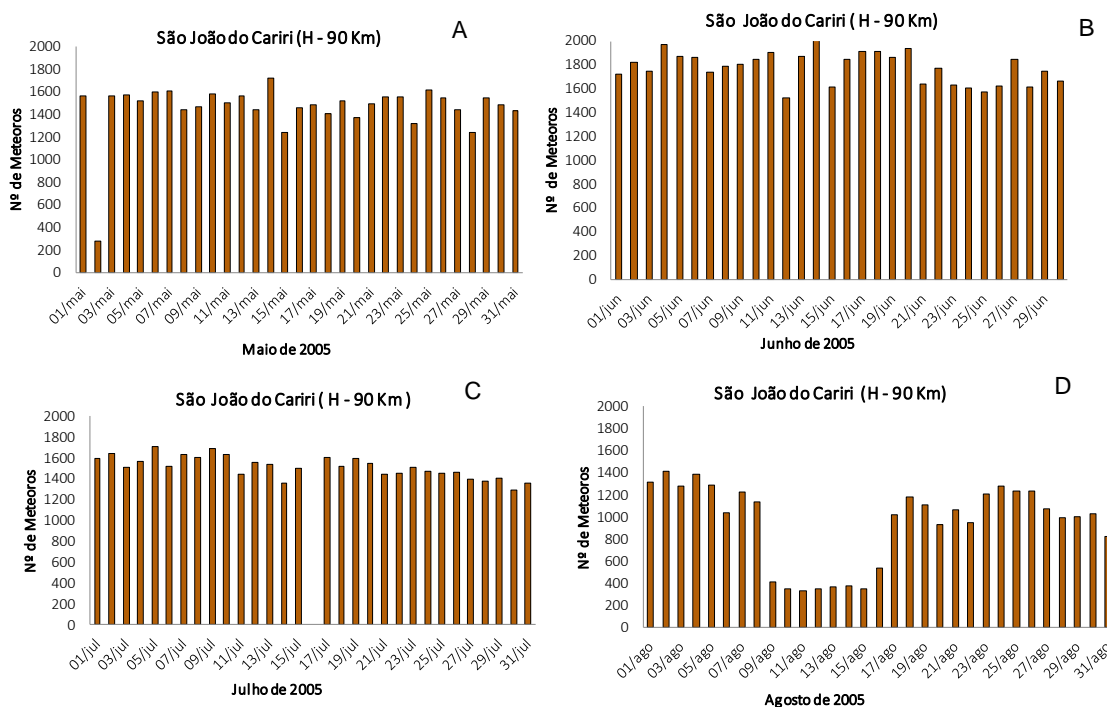
Para o mês de Maio (Figura 5 A) ocorreu uma forte intensidade de ecos, tendo uma média diária acima de 1000 ecos de meteoros/dia, o gráfico mostra dois picos, o primeiro para o dia 14 com 1724 ecos registrados e outro, no dia 25 com 1617 ecos registrados.

Do ano de 2005 em São João do Cariri, o mês de Junho (Figura 5 B) foi o que teve o maior registro de ecos meteóricos com média mensal de ecos acima de 1500 ecos, com um pico no dia 14 de 2088 ecos, dados históricos mostram que esse mês não apresenta expectativas para grandes chuvas nesse período. Em consonância com o mês anterior o mês de Julho (Figura 5 C) mostrou média mensal maior do que 1000 ecos por dia, embalado possivelmente pelas chuvas Delta Aquáridas do Sul, os dias de maior expressão foram o dia 5 com 1703 ecos e o dia 9 com 1689 ecos registrados pelo radar.

O pico máximo das Perseidas é por volta do dia 12 ver (tabela 1), mais no ano de 2005 no mês de Agosto (Figura 5 D) os picos relevantes foram registrados nos dias 02, com 1411 ecos e no dia 4 com 1386 ecos de meteoros, mesmo assim

não podemos descartar que tenha sido as Perseidas, pois os ecos aparecem dentro do período em que as Perseidas ocorrem.

Figura 5.0 - Meses; Maio (A), Junho (B), Julho (C), Agosto (D) que mostra a ocorrência dos ecos meteorico.



O mês de Setembro (Figura 6 A) apresentou média mensal abaixo de 1000 ecos/ dias, esse mês não está no calendário das grandes chuvas de meteoros, seu pico máximo registrou 1274 ecos no dia 06 dentro do período de atividade das chuvas α -Aquirids. Para a análise do mês de outubro (Figura 6 B), temos a média mensal abaixo de 1000 ecos de meteoros/dias, mais os picos que apresentados sugerem a presença da chuva Oriónidas, devido mostrar picos no dia 2 com 1022 ecos, dia 04 com 975 ecos, dia 10 com 922 ecos, dia 24 com 940 ecos e dia 30 com 958 ecos.

Novembro (Figura 6 C) apresentou média mensal de ecos/dias abaixo de 1000 ecos, com um pico relevante no dia 14, com máxima de 924 ecos, e com outro pico no dia 20 com 954 ecos e outro no dia 24 com 1000 ecos registrados podendo ser as Leônidas devido esse chuveiro ser irregular e só apresentar picos a cada 33 anos. No último mês de 2005 Dezembro (Figura 6 D) nos presenteou com o possível registro de Germinidas, alta atividade de ecos no início do mês com destaque para a sequência de dias com alto números de meteoros começando do dia 6 e culminando como o pico máximo no dia 12, com 1729 ecos

registrados sugerindo a possível presença das Germinídeas. de 17 a 26 de Dezembro apresentou 5 dias com taxas diárias maiores que 1000 ecos de meteoros/dias, menores do que os valores apresentados no início do ano, mas são significativos podendo ser a presença da chuva Úrsidas.

Figura 6.0- Meses; Setembro (A), Outubro (B), Novembro (C), Dezembro (D) que mostra a ocorrência dos ecos meteorico.

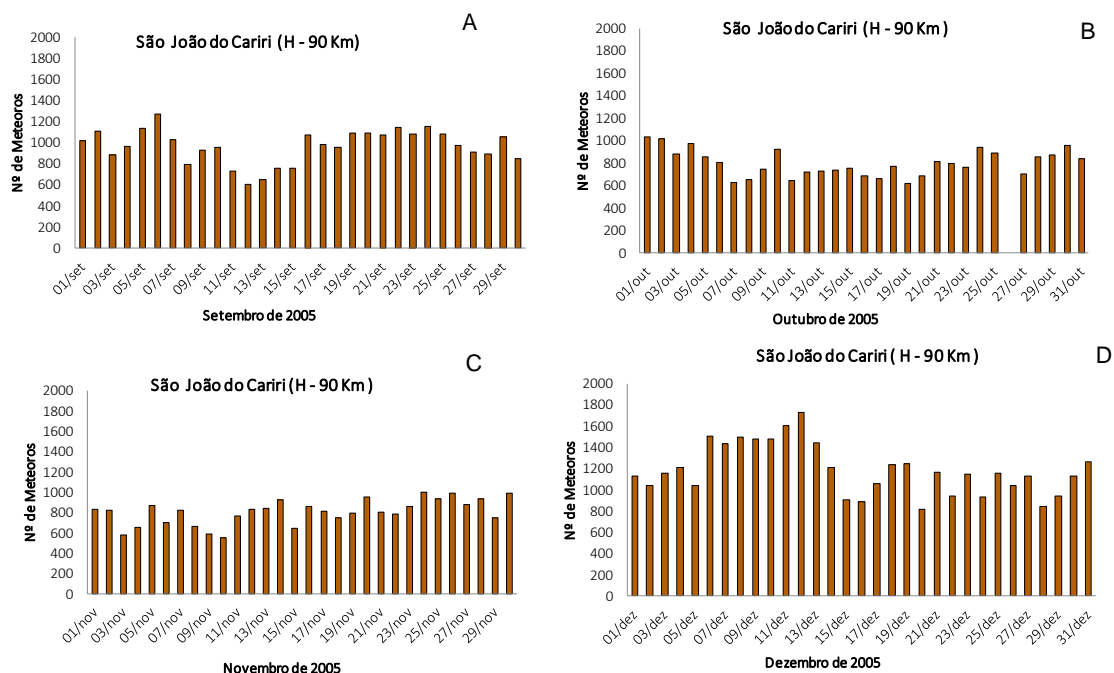


Tabela 6. Mostra a previsão das chuvas para o ano de 2005 (lado esquerdo) em comparação com os picos dos ecos rastreados pelo radar meteorico de São João do Cariri no ano de 2005 (lado direito).

Chuvas	Período de Atividade	Picos dos Ecos Meteoros (dias)
Quadrantidas	01 a 05 Jan	12 e 14 de Jan
Alfa-Centaurides	28 Jan a 21 Fev	28 de Jan / 01 e 08 de Fev
Gama-Normides	25 Fev a 22 Mar	28 e 31 de Mar
Lyridas	16 a 25 Abr	26 de Abr
N-Aquarids	19 Abr a 28	14 e 25 de Mai
S-Aquarids (SAD)	12 Jul a 19 Ago	05 e 09 de Jul
Perseidas (PER)	17 Jul a 24 Ago	02 e 04 de Ago
α -Aquarids (AUR)	25 Ago a 08 Set	6 de Set
Draconidas (GIA)	06 Out a 10 Out	2,4,10,24,31 de Out
Orionidas (ORI)	02 Out a 07 Nov	2,4,10,24,31 de Out
Leonidas (LEO)	14 Nov a 21 Nov	14, 20 e 24 de Nov
Geminidas	07 a 17 Dez	06,11 e 12 de Dez
Ursidas (URS)	17 a 25 Dez	18,19,21,23,25,26 de Dez

Conclusão

O radar meteórico de São João do Cariri mostrou-se eficiente no registro de ecos meteóricos no ano de 2005, onde podemos ver certa concordância com dados de chuvas de meteoros previsto pela IMO para o ano de 2005, a coincidência das datas sugerem que o radar registrou a possível atuação das chuvas neste período.

REFERÊNCIAS

Paulino, A. R. S. Maré lunar observada com radar meteórico em três latitudes no Brasil – São José dos Campos: INPE, 2010.

Silva. M. A, Costa E.S, Costa. A. A, Conhecimento Científico e Senso Comum: Uma Abordagem Teórica. VII Coloquio Internacional “educação e contemporaneidade”, São Cristovão /SE, 2013.

CORRÊA, J. A. S. Estudo de meteoros e investigações de seus efeitos na ionosfera com dados do radar SKiYMET e GPS – São José dos Campos: INPE, 2003. 149p. – (INPE-9843-TDI/866).

Leme, N.M.P . Efeitos das chuvas de meteoros na Ionosfera terrestre – São José dos Campos: INPE, 1994, 189p. – (INPE-5591-TDI/552).

WRASSE, C. M. Estudos de geração e propagação de ondas de gravidade atmosféricas – São José dos Campos: INPE, 2001. 253p. – (INPE-12249-TDI/978).

Zucolotto. M. E, Fonseca. A. C, Antonello L. L, Monteiro. F. A. Decifrando os Meteoritos – Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, 2013.

Montenegro, S. O. Estrutura dos ventos médios e das marés atmosféricas na região meteórica sobre o cariri paraibano. – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2007.

Carvalho, A. J. A . Ondas de Gravidades Transientes Associadas a Instabilidades Dinâmicas e Convectivas. Campina Grande-PB: UFCG,2011.

Jenniskens, P; Chuvas de meteoros e seus pais Cometas, Uk Cambridge University Press, 2006.

Pereira, J. M. S. - Análise de meteoritos por espectrometria de massa (252CfPDMS) e por espectroscopias de Raios X e de infravermelho (XRD, XRF, PIXE, FTIR e Raman), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Física, 2015.

Blaauw. R.C, Moser. D.E, Ehlert. S.R, Kingery.A.M, Molau.S, Schult C, Stober.G. Characterizing the 2016 Perseid Meteor Shower Outburst, International Meteor Organization, Institute of Atmospheric Physics, Rostock University, Keuhlungsborn, Germany.

Zidian Wu and Iwan P. Williams, The Perseid meteor Shower at the current time, Astronomy Unit Queen Mary and Westfield College, Mile End Road, London, 1993.

D Janches a, J.L. Hormaechea b, C. Brunini c, W. Hocking d, D. C. Fritts, - An initial meteoroid stream survey in the Southern hemisphere using the Southern Argentina Agile Meteor Radar (SAAMER),2012.

Lunsford Robert, Meteor and How to Observe Them American Meteor Society Chula Vista, CA, EUA.2009.

Powell Jonathan, Cosmic Debris (What It Is and What We Can Do About It),2017 DOI 10.1007/978-3-319-51016-3.