



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)
SISTEMA DE CALIBRAÇÃO E TESTE DE SENSORES DE PRECIPITAÇÃO

Aderson Stanley Peixoto Santos (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq/INPE)
E-mail: stanleys@gmail.com

Dr. Marcos Aurélio F. dos Santos (INPE, Orientador)
E-mail: aurélio@crn.inpe.br

COLABORADOR

Dr. Fernando Moreira da Silva (UFRN)

INPE
CRN-NATAL
2008



RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)
SISTEMA DE CALIBRAÇÃO E TESTE DE SENSORES DE PRECIPITAÇÃO

Aderson Stanley Peixoto Santos (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq/INPE)
E-mail: stanrleys@gmail.com

Dr. Marcos Aurélio F. dos Santos (INPE, Orientador)
E-mail: aurélio@crn.inpe.br

COLABORADOR

Dr. Fernando Moreira da Silva (UFRN)

INPE
CRN-NATAL
2008

RESUMO

O relatório apresentado tem o objetivo de traçar o encaminhamento das pesquisas relativas à proposta do plano de trabalho do projeto de iniciação científica, cujo cunho está voltado no estudo do princípio de medida de precipitação e do conhecimento dos sensores de precipitação existentes. Dessa forma pretende-se obter o conhecimento necessário à identificação de métodos e equipamentos existentes no mercado que sejam usados para a calibração dos pluviômetros de tipo *Tipping-Bucket* utilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em suas Estações Meteorológicas Automáticas.

FINISH REPORT OF THE PROJECT OF SCIENTIFIC INITIATION
(PIBIC/CNPq/INPE)
SYSTEM OF CALIBRATION FOR TEST OF PRECIPITATION SENSORS

ABSTRACT

The report aims to trace the routing of searches on the proposal of the work plan of the project of basic scientific research, whose stamp is aimed at studying the principle of measurement of rainfall and knowledge of existing sensors of precipitation. Thus it is intended to gain the knowledge necessary to identify methods and equipment in the market that are used for calibration of raingauges type Tipping-Bucket used by the National Institute for Space Research (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE*) in their Stations Weather Automatic.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	06
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	09
2.1 Os pluviógrafos	11
2.2 Os pluviômetros	12
2.3 Os pluviômetros em Estações Meteorológicas Automáticas – EMA	15
2.4 Radares	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS	20
5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	20

1. INTRODUÇÃO

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utiliza os pluviômetros eletrônicos do tipo *Tipping-Bucket* para a medição da precipitação, porém, estes devem ser calibrados para que realizem medições da pluviosidade das diversas escalas de área coerentes com a realidade. Dessa maneira, no trabalho, perfaz-se a trajetória do conhecimento dos princípios de medida e dos sensores de precipitação, respaldado em seus princípios de funcionamento para que se obtenha o conhecimento especializado, cuja informação colabora para a continuidade da pesquisa no alcance do seu objetivo final: a identificação de métodos, procedimentos, equipamentos e produtos para a calibração dos pluviômetros eletrônicos do tipo *Tipping-Bucket*.

O conhecimento dos diversos sensores de precipitação existentes e os procedimentos para seu funcionamento permite que se trace diversificados modos que os instrumentos utilizam para a captação de dados quanto à finalidade proposta: medições da precipitação. Como confirmam Mata (1984, p.64) e Ometto (1981, p.193), estas medições possibilitam o conhecimento da quantidade de água disponível em uma área qualquer e colaboram para a modelagem do comportamento da pluviosidade nas diversas regiões.

Com isso, o conhecimento dos sensores de precipitação existentes e do seu funcionamento faz-se necessário, assim como os procedimentos utilizados para a sua calibração, uma vez que permite a escolha de um sistema de aquisição de dados pluviométricos de forma padronizada. Portanto, colabora-se com a confiabilidade dos dados obtidos e possibilita a opção de escolha dos melhores sensores para o estudo do elemento climático da precipitação.

Isso contribui tanto para reduzir gastos com aquisição do maquinário meteorológico; como para reduzir gastos com a manutenção e com os períodos de

verificação dos instrumentos, dada à operacionalidade obedecida dentro da faixa de precisão no estudo.

Os critérios utilizados para as medições da pluviosidade devem ser considerados, pois a escolha dos melhores critérios auxilia na credibilidade dos valores obtidos haja vista que existe a padronização de um método e de um instrumento sobre uma rede de coleta, no que corrobora para a homogeneização dos dados quanto à precisão.

De acordo com a Organização Mundial de Meteorologia (OMM, 2006, part. 1 cap. 6, p.1), em toda essa rede, a aquisição dos dados dá-se em observações diárias em locais fixos comuns a toda rede de coleta. Nesse sentido, se obedece aos horários sinóticos, quando a finalidade para a medição está no estudo do comportamento climatológico e do comportamento hidrológico nas áreas.

Os instrumentos utilizados para a quantificação da água meteórica são os pluviômetros (instrumentos de medida direta) e os pluviógrafos (instrumentos de medida indireta, ou seja, sem a presença do homem). Representa-se o sensor de medida da precipitação por esses instrumentos. O primeiro permite a medição da água fornecida pela precipitação líquida; já o segundo é responsável pelo registro dos dados advindos da precipitação líquida, expressa por meio de gráficos (pluviogramas) o comportamento chuvoso que ocorre em um período de tempo. No caso das precipitações sólidas (neve e granizo) a quantificação dá-se provocando a fusão do gelo (OMM 2006).

Com o desenvolvimento tecnológico da era da mundialização muitos aparelhos passam a agregar os conhecimentos gerados na área tecnológica, não diferente dessa situação, os instrumentos meteorológicos aderem à tecnologia contribuindo para a rapidez da coleta de dados climáticos com custos reduzidos.

Hoje, satélites e radares além da sofisticação dos pluviômetros (ou udômetros) são utilizados para definir e quantificar a distribuição espacial da precipitação dos mais distintos locais e possibilitam ao estudioso a praticidade e comodidade na obtenção dos dados por várias formas de procedimento, os seja, seus métodos. O procedimento mais comum basea-se na aquisição dos dados pelas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA), também denominadas Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) cujos pluviômetros do tipo *Tipping-Bucket* são muito utilizados pelo INPE em suas Estações Meteorológicas Automáticas. Elas possuem ampla utilização nesse processo de aquisição dos dados da pluviosidade, principalmente de áreas remotas onde o acesso é difícil.

Entretanto, deve-se ter atenção na escolha do instrumento de medição automática, pois este deve está de acordo com os requisitos de um sistema de gestão da qualidade em laboratórios, obedecendo principalmente à validação de métodos de calibração, rastreabilidade de medição e por fim a situação ambiental na qual o instrumento ficará acomodado. Essa atenção deve-se ao fato que no mercado existem várias empresas que prestam o fornecimento de maquinários, cuja utilidade está na medição meteorológica, porém, os valores intercomparados distinguem, assim como a confiabilidade de entrega e padrões de qualidade dos produtos (como a rastreabilidade das referências estabelecidas) (SANTANA; GUIMARÃES, 2008).

O princípio da medição da precipitação é o mesmo para todos os pluviômetros, ou seja, obter o valor de precipitação que ocorre numa porção do espaço com a maior proximidade condizente com a realidade. A sua confecção deve obedecer a critérios que visam satisfazer as regras postas pelos princípios de medida recomendados pela OMM e definidos pela *International Organization for Standarditation (ISO)*.

A OMM recomenda práticas e procedimentos na normatização dos dados obtidos e a ISO define, respaldada na metrologia, a medida da qual se deve observar o

teste do instrumento para que ele seja considerado apto com as funções que lhe cabe, no que concerne nas medições climatológicas e meteorológicas.

O objetivo posto no trabalho está na apresentação dos princípios utilizados para as medidas da precipitação líquida; como dos sensores de precipitação existentes e seus princípios de funcionamento; que contribuirão para a pesquisa quanto aos métodos existentes utilizados para a calibração e testes dos pluviômetros; e da pesquisa de mercado quanto aos instrumentos automáticos de medição da precipitação que devem ser utilizados nas Estações Meteorológicas Automáticas do INPE, como se trata em Santos, A. & Santos, M. (2008, p. 75).

É proposto à continuação do projeto na dedicação à definição de métodos, procedimentos e equipamentos necessários à calibração e testes desses sensores do tipo *Tipping-Bucket*, engendrando documentação detalhada sobre a pesquisa no intuito na implantação de um sistema de calibração para o Tipping-Bucket.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Organização Mundial de Meteorologia (OMM, 2006) estabelece as normas e práticas necessárias quanto ao procedimento da padronização das observações meteorológicas mundiais obedecendo a um controle de qualidade sobre os instrumentos e as redes de instrumentos utilizados para as medições meteorológico-climatológicas.

Segundo a OMM (2006, part.1, cap.6, p.1) o princípio básico das medidas de precipitação está sustentado na mensuração (por medidas lineares) da cobertura d'água sobre uma superfície plana. A OMM de acordo com Silva (1975, p. 83) delimita esta superfície em um metro quadrado (1m²), cuja infiltração, evaporação, escoamento superficial da água devem ser considerados inexistentes para a análise da medição. Essa

cobertura corresponde à altura da precipitação, cuja unidade recomendada é o milímetro, para os líquidos da precipitação.

Cada udômetro utilizado para a coleta da água da chuva possui um “elemento sensível”, ou seja, peça de extrema importância que dá precisão para a avaliação dos dados da precipitação coletados. Nos pluviômetros, esse elemento sensível está na área de captação da chuva, pois qualquer alteração que venha ocorrer nesta observa-se o falseamento das medidas em decorrência da diminuição ou aumento da área de captação (TUBELIS, 1988, p. 13).

O pluviômetro convencional modelo de instrumento “Ville de Paris” e o do tipo Helmman são muito usados para a aquisição de dados meteorológicos nas Estações Meteorológicas Convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados da precipitação líquida obtidos pelo pluviômetro tipo *Ville de Paris* é usado na intercomparação com outros pluviômetros, e outros instrumentos de mensuração dos hidrometeoros, no intuito do alcance da homogeneidade dos dados quando diversos modelos são empregados na rede de coleta.

Os dados obtidos pela intercomparação dos dados dos pluviômetros entre um padrão e outro a ser calibrado para situação correspondente ao padrão possibilitam a utilização de metodologia variada, decorrente disso, a importância do estudo dos sistemas de medição das chuvas existentes.

Os métodos de medida da precipitação devem ter como objetivo basal a aquisição de amostras condizentes, em proporção, com o total da queda sobre a área a que se quer representar nos estudos. Para o estudo do comportamento da pluviosidade existem os pluviômetros (convencionais e eletrônicos), os pluviógrafos, e, no auxílio à previsão do comportamento pluviométrico das regiões tem-se o uso de radares e satélites meteorológicos. O conhecimento desses, no trabalho, e de seus princípios de

funcionamento, dá-se na contribuição para os estudos relativos aos métodos de coletas de dados da precipitação e para o entendimento especializado do assunto.

2.1 Os Pluviógrafos

Os pluviógrafos permitem as gravações dos dados da precipitação com vantagem sobre os pluviômetros convencionais, pois proporcionam a resolução em melhor tempo reduzindo possíveis perdas por evaporação, em que os tipos conhecidos, de acordo com Silva (1975), são: o pluviógrafo de balança, pluviógrafo de bóia (Figura 1) e o pluviógrafo do tipo tipping-bucket (de inclinação, ou basculamento).

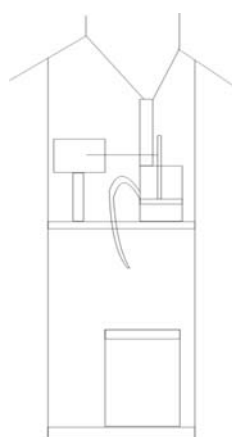


Figura 1: Pluviômetro de bóia
Fonte: Adaptada de Silva (1975).

Nota-se que os pluviógrafos de bóia são muito comuns em estações meteorológicas convencionais, assim como os *Tipping-Bucket*. Entretanto, a água acumulada por determinado período é retirada pela sifonagem desta, e nesse processo ela deixa de ser computada representando erro nos dados.

Os pluviógrafos do tipo *Tipping-Bucket* e os pluviômetros eletrônicos utilizados em PCD's têm o mesmo princípio da coleta pelas básculas. A distinção entre ambos está na ausência do registro da pluviosidade por um pluviograma.

2.2 Os Pluviômetros

A OMM (1989a, 2006, part. 1, cap.6, p.4) recomenda que, se a medição nos pluviômetros convencionais basear-se na mensuração da precipitação líquida, deve-se realizar a medição por instrumentos cujos recipientes sejam abertos e possuem (geralmente) a forma cilíndrica. Eles devem ter a área de captação entre 200 e 500cm² de diâmetro onde o orifício possua a área conhecida em aproximadamente 0,5% de precisão, além de um funil na porção inferior. O aro do coletor deve ser afiado. Esses instrumentos são instalados em altura suficientemente distante da altura do solo, altura essa que impede respingos dentro deles. As alturas mais usadas são de 0,5 e 1,5 m. No Brasil, esses instrumentos são instalados na altura de 1,5 m da superfície do solo.

Como o supracitado, para os udômetros convencionais, Silva (1975, p. 399) afirma que, a precipitação de um milímetro (1 mm) em uma superfície de 1m² corresponde à 1L/m² isso porque, matematicamente pela transformação de unidades, temos na Equação 1 abaixo:

$$\begin{array}{ll} 1\text{dcm}^3 \Rightarrow 1\text{L} & 1\text{L}/\text{m}^2 = 1 \text{ dcm}^3 / 100 \text{ dcm}^2 \\ 1\text{m}^2 \Rightarrow 100\text{dcm}^2 & 1\text{L}/\text{m}^2 = 0,1\text{cm} \Rightarrow 1 \text{ mm} \end{array} \quad (1)$$

Cada unidade possui uma correspondente próxima, na fórmula, a transformação dá-se separadamente uma vez que os numeradores correspondem a uma medida de volume e nos denominadores as medidas são relativas à área. Posteriormente às transformações de unidades, encontramos o valor da altura da precipitação.

Para Mata (1984, p.64), a intensidade da chuva pode ser medida por meio da verificação humana do início e término da precipitação pelo tempo e a coleta com o auxílio da proveta graduada, porém requer, muitas vezes, bastante paciência.

Os pluviômetros podem ser classificados em ordinários e totalizadores (mais robustos que os ordinários). O elemento sensível destes é a superfície coletora e esta, portanto, deve ser bem determinada para a análise confiável dos dados obtidos. A leitura dos pluviômetros se dá pela determinação de precipitação armazenada pelas provetas graduadas, nos pluviômetros ordinários; ou pelas réguas pluviométricas, para os pluviômetros totalizadores.

Efetua-se a determinação diária da precipitação frequentemente com provetas pluviométricas dos pluviômetros convencionais, pois possibilitam a melhor modelização para o elemento climático estudado acerca da sua medição diária, o que torna os dados próximos da precisão, Silva (1975, p.86).

De acordo com Tubelis (1999) e Silva (2000) a área da proveta pluviométrica é específica de acordo com a área de captação do pluviômetro. De acordo com OMM (2006) a área de captação deve ser inferior a 33% da área da superfície de captação do pluviômetro, em que o erro máximo da graduação da proveta não deve ter erro excedente de +/- 0,05 mm na graduação da escala.

O cilindro deve ser mantido, durante a leitura, na vertical para evitar erros paralaxe. O fundo do menisco da água deve definir o nível da água.

Quando não há posse desta proveta em milímetros (mm), de acordo com Tubelis (1992, p.201; e 1988, p. 11), devemos medir o volume precipitado com uma proveta comum (mililitros).

Segundo Tubelis (1992) A altura da chuva é também obtida dividindo-se o volume coletado d'água pela área da superfície de captação do pluviômetro, se expressa pela Equação 1.1 abaixo:

$$h = 10 \times V / A$$

(1.1)

Onde:

h => Altura da precipitação (mm)
V => Volume de água captada (ml)
A => Área da superfície coletora (cm²)

Os modelos de pluviômetros ordinários conhecidos e usados no território nacional pelo INEMET são: *Ville de Paris* (Figura 2); Helmann; Paulista e o H.H. Em que se considera o pluviômetro *Ville de Paris* como referência padrão. Santana & Guimarães (2008, p. 83) traçam um sistema de calibração para pluviômetros composto pelo sistema: fluxímetro padrão, volumetria calibrada, sistema de circulação d'água, sistema de aquisição de dados e bibliografia especializada.

Consoante Silva (1975, p.85), os pluviômetros totalizadores como diferentes dos ordinários uma vez que possuem estrutura mais robusta com um armazenamento maior da água precipitada já que possui reservatório maior. O objetivo desses pluviômetros está na minimização da evaporação, pois normalmente encontram-se enterrados na subsuperfície. Coloca-se uma pequena porção conhecida de óleo saturado de baixa viscosidade nos seus reservatórios no intuito de potencializar a redução da evaporação.

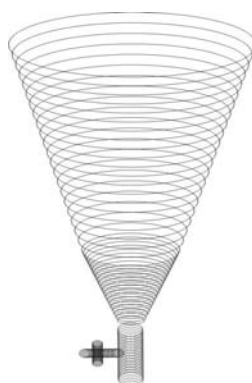


Figura 2: Pluviômetro tipo “Ville de Paris”

Esses pluviômetros são mais usados para regiões de difícil acesso, portanto, devem medir a precipitação do local durante semanas ou meses, por isso, devem possuir o reservatório enterrado para reduzir a evaporação. Como afirma Silva (2000), a área de captação utilizada por estes pluviômetros está entre 150 e 750 cm².

2.3 Os Pluviômetros em Estações Meteorológicas Automáticas – EMA

Os pluviômetros das estações meteorológicas automática empregam tecnologia computacional em interação com rede de satélites para a obtenção dos dados. Os satélites são aparelhos que por meio de métodos de aplicação de seus recursos permitem o monitoramento climático do espaço terrestre e a estimativa dos dados de precipitação, o uso dos pluviômetros nas EMA's ajudam nesse monitoramento.

A OMM (1992a) referenciada na OMM (2006, part.2, cap.1, p.1) define as estações meteorológicas automáticas como aquelas em que as observações são realizadas e transmitidas automaticamente. São aparelhados por uma unidade central de aquisição de dados.

Quanto à funcionalidade, são classificadas em estações de leitura de tempo real (*real-time*) e estações de tempo não real ou *off-line*. Na primeira dá-se o relatório dos dados meteorológicos obtidos em tempo real, permite-se com elas que seja relatado o comportamento meteorológico de zona de grande adversidade para a chegada do homem além de reduzirem gastos com pessoal para medida de leituras. O segundo tipo de estação guarda os dados obtidos até um usuário removê-los do banco de dados dessas EMA's.

Segundo Magina (2008) o modelo de pluviômetros eletrônico empregado em Plataformas de Coletas de Dados pelo INPE e Centro de Previsão do Tempo e Clima -

CPTEC - é o *Rain Gauge Tipping-Bucket*, conhecido como pluviômetro de balança (Figura 3).

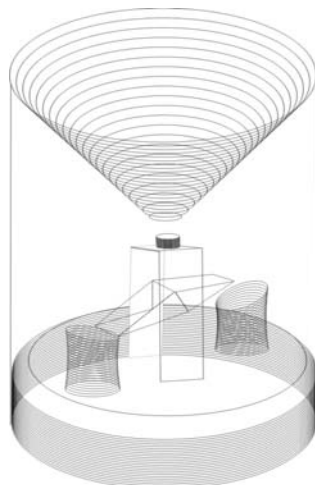


Figura 3: Pluviômetro tipo *Tipping-Bucket*.

No mercado, a abertura do funil varia, assim como dos *softwares* para a calibração destes pluviômetros, cabe ao estudo gerenciar os melhores produtos de forma que se detalhe a pesquisa para a aquisição de pluviômetros que satisfaçam os padrões de modelos do tipo *Tipping-Bucket*.

O funcionamento do pluviômetro do tipo *Tipping-Bucket*, conforme Magina (2008) baseia-se na acumulação de água por uma de suas conchas, ao encher, o peso promove sua inclinação e o fechando de um relé magnético, logo após a retirada de água deste recipiente. Com o fechamento do circuito (pelo fechamento do relé) se produz um pulso elétrico que é encaminhado a um sistema de contagem de pulsos de uma PCD (a unidade central de aquisição dos dados), cuja programação valida os dados obtidos na unidade recomendada.

Para se efetivar todo o processo de medida é importante a minuciosa calibração desses udômetros obedecendo a um padrão Os pluviômetros tipping-bucket raingauges

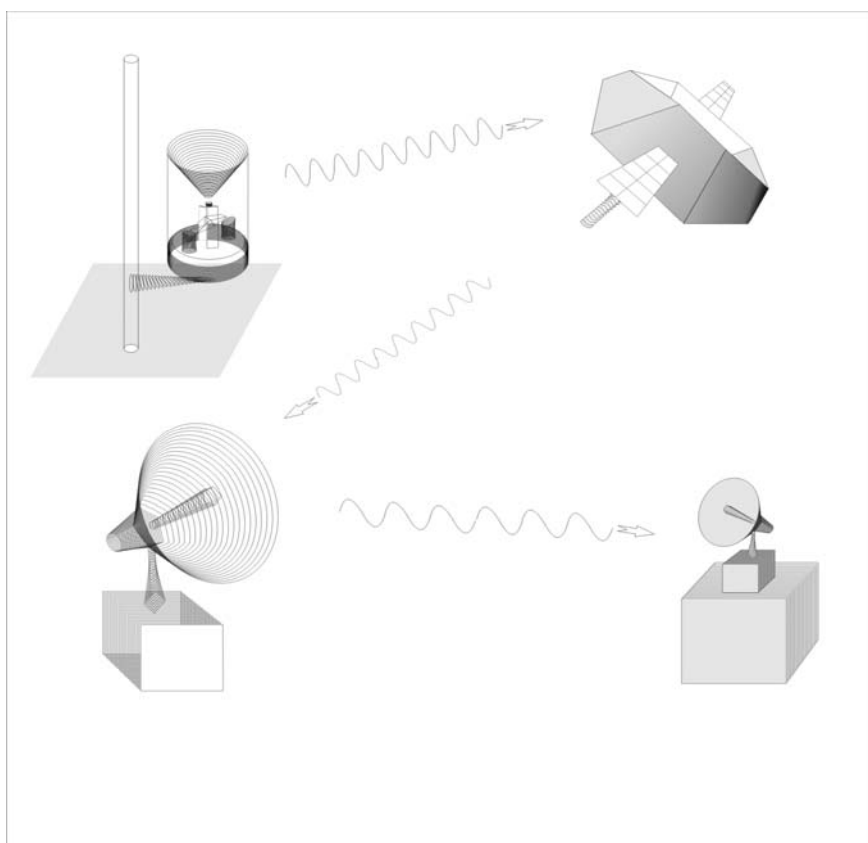


Figura 4: Sistema de informação de coleta de dados de pluviômetros em Estações Meteorológicas Automáticas - EMA.

Fonte: Baseado no CPTEC (2008)

A calibração dos pluviômetros do tipo *Tipping-Bucket*, como para qualquer tipo de calibração, trata-se de comparação entre um instrumento padrão já determinado com outro a qual se quer padronizar para conseguir a obtenção dos dados de forma que coincida com o padrão esperado durante o intervalo de operação. De acordo com Santana & Guimarães (2008) a calibração estabelece a condição especificada a padrões nacionais ou internacionais para a correspondência entre os valores padrões de instrumentos e os instrumentos dos quais se quer normatizar. Obedece a intercomparação entre instrumentos ou sistema de instrumentos.

Pela OMM (2006) “calibragem e ensaios laboratoriais não podem definir completamente a forma como o sensor ou sistema irá operar no campo”, porém ressalta-

se que as características dos instrumentos são aceitáveis para a manutenção da calibração do instrumento no campo.

2.4 Radares

A seleção das características do radar é indispensável para a aceitabilidade das medidas de precipitação por eles estimadas ou retransmitidas para as centrais de dados.

A OMM (2006, part. 2, cap. 9, p. 1) afirma:

Os radares meteorológicos são capacitados para detectar precipitação [...] transmitem pulsos eletromagnéticos na frequência limite de 3-10 GHz [...]. O retorno do sinal de pulso transmitido encontra um alvo do clima, chamado de eco, tem uma amplitude, uma fase e uma polarização [...]. A amplitude é usada para determinar o parâmetro fator de reflectividade (Z) usado para estimar a massa de precipitação por unidade de volume e intensidade.

O radar meteorológico é usado na estimativa da intensidade e a distribuição da precipitação com boa resolução no tempo e espaço

O radar meteorológico utiliza a influência do movimento assim como sua densidade sobre a percepção das ondas eletromagnéticas emitidas por ele (em frequência conhecida) e as ondas de retorno conseqüentes da reemissão pelas nuvens. Essas ondas são comparadas, assim pode-se mensurá-las e compará-las e estimar a precipitação de um local.

Ele também tem importância na retransmissão dos dados advindos dos satélites em cujos dados são obtidos dos pluviômetros *Tipping-Bucket* das EMA's, para as centrais de dados, tais como o centro do CPTEC.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A atuação na atividade ligada ao projeto ocorre desde o 3º dia do mês de Março de 2008, nas instalações da sede do INPE no Rio Grande do Norte, especificamente na sala 24, sala da Estação, Seção Gama.

O material utilizado para a realização da pesquisa baseia-se em pesquisas bibliográficas em meio digital e em meio impresso fornecido pela Biblioteca Central Zila Mamede localizada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A obtenção do material é válida para a absorção das técnicas e aprimoramento nos conhecimentos e para a obtenção de discernimento quanto às vantagens técnicas necessárias no que concerne a proposta do projeto: a definição e proposição de métodos necessários à calibração e aos testes dos pluviômetros do tipo *Tipping-Bucket* para a utilização pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em suas Plataformas de Coleta de Dados.

A formação decorrente de estudos ligados ao clima do município de Natal com subsídio da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - dá a formação estatística necessária para acurar os estudos ligados à efetivação do projeto do Sistema de Calibração e Testes de Sensores de Precipitação e seu posterior término.

Há a coleta de dados do pluviômetro modelo *Ville de Paris* e do pluviógrafo modelo *Fuess* localizados na estação meteorológica convencional pertencente ao Departamento de Geografia da UFRN com o objetivo de avaliar pela intercomparação dos dados as distinções das medições. O objetivo é traçar estudo comparativo prático que colabore para o conhecimento específico ligado à calibração dos instrumentos automáticos.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

O resultado obtido com a pesquisa dá-se com o aprofundamento dos conhecimentos de acordo com seu plano de trabalho, no que se entende pelos princípios de medida de precipitação; conhecimento dos sensores de precipitação existentes e seus fundamentos de funcionamento, além do estudo inicial de procedimentos que auxiliam na calibração (tal como a intercomparação) e ensaios de pluviômetros nos quais colaboram para esses procedimentos frente aos udômetros de tipo *Tipping-Bucket*.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com o trabalho, tem-se a conclusão de que as pesquisas contribuíram para a ciência no tocante a importância dos pluviômetros nas medidas de precipitação e a importância no *know-how* para com a calibração destes sistemas de mensuração d'água.

Todavia, para o fundamento final do trabalho: a geração de documento detalhado sobre custos de equipamentos e serviços para a calibração dos pluviômetros e a implementação de um sistema de calibração para os udômetros automáticos do INPE. Necessita-se da continuação de estudos ligados aos procedimentos utilizados para a calibração e ensaios, assim como dos instrumentos e produtos existentes no mercado que são utilizados para a calibração dos pluviômetros de balança, ou *Tipping-Bucket*.

REFERÊNCIAS

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, In: **Precipitação Estimada por Satélite Hidroestimador**. Disponível em: < http://sigma.cptec.inpe.br/prec_sat/texto.html > Acesso em 12 de Jun. 2008.

_____. **Sistema Brasileiro de Coleta de Dados via Satélite SCD**. In: Plataforma de Coleta de Dados. Disponível em: < <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/sistema.jsp> > Acesso em 12 de Junho. 2008.

MAGINA, Flávio de Carvalho (INPE – CPTEC). **Sensor de Precipitação ou Pluviômetro**. Disponível em: < <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/> > Acesso em 14 de Junho. 2008.

MATA, Mário E. R. M. Cavalcanti. **Núcleo de Tecnologia em Armazenagem: Climatologia na Armazenagem de Produtos**. Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba. p. 64 - p. 67. 1984
OMETTO, José Carlos. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 1981.

SANTANA, Márcio A. A., GUIMARÃES, Patrícia L. O. **Metrologia Básica Aplicada à Instrumentação Meteorológico-Ambiental**. Curso de Metrologia Básica. 1ª ed. Cachoeira Paulista. São Paulo, 2008.

SANTOS, A. S. P., SANTOS, Marcos A. F. dos. Sistema de Calibração e Teste de Sensores de Precipitação. In: Seminário de Iniciação Científica do INPE. 2008. São Paulo. **Livro de Resumos**. São José dos Campos: INPE. 2008. p. 75-75. Disponível em: < <http://www.inpe.br/pibic/sicinpe/index.php> > Acesso em 22 de Jun. 2008.

SENTELHAS, Paulo C., CAMARONI, Paulo H. Inconsistência na Medida da Chuva com Pluviômetros de Bâscula Utilizados em Estações Meteorológicas Automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 2, p. 301-304. 2002.

SILVA, Mário A. Varejão. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET. Edição comemorativa. Gráfica e Editora Stilo, p. 399-p. 407. 2000.

_____. **Instrumentos Meteorológicos Utilizados em Estações de Superfície**. 4ª ed. Recife/PE. p. 83 – p.96. 1975.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. Lino do. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. 1ª edição. 7ª reimpressão. São Paulo. Nobel. p.198-p. 218. 1992.

_____. **A chuva e a produção agrícola**. São Paulo. Nobel, 1988.

WMO. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Seventh edition. WMO – n°8. 2006. Disponível em: < <http://www.wmo.ch/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/Draft-7-edition.html> >. Acessado em 12 de Abr. 2008.