



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PLUVIÔMETRO TOTALIZADOR: COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA ($\delta^{18}\text{O}$) E DADOS CLIMÁTICOS

William Carvalho Maia^(a), Eder Leandro Bayer Maier^(b)

Comentado [u1]: Autores. Times New Roman, 12, texto centralizado. Espaçamento simples, entre linhas, com 12pto antes e 12pto depois.

(a) Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, wlycmaia@gmail.com

(b) Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande, edermaier@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este artigo visa mostrar a forma e descrever a função do pluviômetro automático construído na FURG, que possibilitará coletar amostras da água da chuva e preservar as amostras de forma autônoma durante 12 meses para mensuração do volume da precipitação e análise da assinatura isotópica da água da chuva. Além disso, o equipamento registra a temperatura e umidade do ar e do solo. O equipamento foi construído com baixo custo, com menor peso bruto possível e com técnicas de produção simples e automação com uso de *software* livre, possibilitando construí-lo ou transportá-lo em/para locais de difícil acesso (Amazônia e região do Chaco). Por se tratar de um invento, a metodologia, as diretrizes seguidas e os resultados descrevem o processo de construção e funcionamento do pluviômetro. Cabe ressaltar que o pluviômetro tem pedido de Patente de Invenção junto ao INPI, sob o n° BR102018076833-6.

Palavras chave: Água, Geoquímica, Pluviômetro, Automação

Contextualização

As técnicas de construção e uso de equipamentos para observações de todas as esferas (atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera) são necessárias e possuem uma demanda reprimida, principalmente na geografia. Nesse contexto, existe a carência de geotecnologias eficientes no que tange a preservação da água da chuva de forma autônoma durante um ano,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

visto que os equipamentos comercializados são planejados para coletas mensais e são dependentes de um observador, o que torna a amostragem onerosa e com baixa resolução temporal e espacial.

Um protótipo de um pluviômetro totalizador foi desenvolvido, construído e instalado na Universidade Federal do Rio Grande – FURG, e neste artigo será mostrado a estrutura do equipamento e as funcionalidades, que possibilitam a mensuração do volume da precipitação, a armazenagem de uma amostra de água para cada mês do ano para análise da assinatura isotópica da água da chuva e coleta dados atmosféricos como temperatura do ar e do solo e a umidade do ar e do solo.

O armazenamento e preservação automática da água precipitada possibilitará a mensuração da razão isotópica de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$), o qual está relacionado ao processo de reciclagem da água sobre o continente, dessa forma obtém-se valiosas informações (volume precipitado e $\delta^{18}\text{O}$) do ciclo hidrológico do continente Sul Americano.

A assinatura isotópica ($\delta^{18}\text{O}$) da água da chuva em latitudes tropicais e subtropicais está relacionada aos ciclos de evaporação e precipitação sobre o continente. A cada processo de evaporação-precipitação, os isótopos com maior massa atômica (O^{18}), tendem a precipitar primeiro, conseqüentemente ocorre o empobrecimento desses isótopos. Quando se calcula a razão isotópica ($\delta^{18}\text{O}$), observa-se valores negativos, com decréscimo da magnitude de 3‰ a cada processo de reciclagem.

A reconstrução paleoclimática utilizando dados da $\delta^{18}\text{O}$ ainda é imprecisa, principalmente pela variabilidade temporal e espacial da precipitação sobre o continente sul americano e sua interdependência com o processo de reciclagem da água continental. Os estudos sobre reciclagem são baseados em modelagem numérica ou modelagem estatística, sendo carentes de dados observados (Maier 2014).

Notadas as necessidades, os objetivos são a apresentação do pluviômetro automático desenvolvido e testado e que terá réplicas instaladas na região do Chaco, bem como uma réplica



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

instalada na FURG, para que seja acompanhado o funcionamento, a fim de sanar qualquer problema estrutural e de hardware e software do protótipo. Será criada uma rede de observadores colaboradores, com o propósito de acompanhar e enviar *feedback* dos pluviômetros após instalação na região do Chaco.

A circulação atmosférica global configura a distribuição de umidade na América do Sul. A água que precipita sobre a floresta Amazônica ocorre pela entrada de umidade pelo Oceano Atlântico (50%) que acompanha os ventos alísios demonstrados na Figura 01 de Peres e Maier (2016). Adicionalmente, 50% da precipitação ocorre pela evapotranspiração da própria floresta (Dall'Olio et al, 1979).



Figura 1 – Mapa de entrada de umidade na América do Sul. Fonte: Peres e Maier (2016).

1.1 Isótopos de Oxigênio 18 ($\delta^{18}O$).

Uma molécula de água é composta por diferentes elementos químicos (hidrogênio e oxigênio) que possuem isótopos estáveis de diferentes massas atômicas, por exemplo, a massa do O pode variar entre 16 e 18 daltons. Em função de processos naturais os isótopos passam por processos de fracionamento, de maneira que, seus valores de razão isotópica sofrem flutuações. Destaca-se que a água possui abundância de isótopos pesados, como o O^{18} , e que os mesmos são os primeiros a serem precipitados nos processos de reciclagem da água. A concentração isotópica da chuva depende, entre outros fatores, da origem do vapor d'água (Dall'Olio et al., 1979).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Diferenças de pressão de vapor geram fracionamento isotópico, cada mudança de fase de uma massa de água durante o seu caminho pela atmosfera, desde sua fonte líquida (evaporação) até a precipitação na forma de neve ou chuva (condensação), altera a razão entre o O^{16} e o O^{18} . Em ambientes de baixa e média latitude a razão entre o número de moléculas de O^{16} e O^{18} está relacionada ao ciclo hidrológico, com empobrecimento do O^{18} a cada processo de evaporação e precipitação (Dansgaard, 1954).

As variações da razão isotópica do oxigênio dezoito ($\delta^{18}O$) em latitudes tropicais ocorrem pelo fracionamento isotópico em cada processo de condensação da água na atmosfera. Portanto, a repetição desse processo ao longo da reciclagem da água sobre o continente diminui a porcentagem relativa do O^{18} . Cada processo de evaporação e precipitação da água sobre o continente diminui a razão isotópica do oxigênio em cerca de 3 por mil (3‰) (Dansgaard, 1964).

1.2 Automação

Automação é um sistema de controle de mecanismos onde não se faz necessário a intervenção humana durante a atividade e por meio de dispositivos eletroeletrônicos é possível configurar e controlar as ações de diversos mecanismos. No equipamento em questão foram utilizados os seguintes itens deste seguimento: Placa solar, bateria, controlador de carga, placa Arduino Uno, motor-de-passo, driver de controle de motor-de-passo, relógio tempo real (RTC), sensores de umidade e temperatura do ar e do solo e *shild* de memória para armazenamento dos dados dos sensores. As descrições e definições dos referidos componentes são encontradas em Maia e Maier (2018).

2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento do equipamento se deu concomitantemente ao surgimento de novas ideias e à elaboração dos mecanismos. No entanto, o pensar as funcionalidades desejadas, não obedeceu uma ordem metodológica, e neste sentido cada parte fundada se torna resultado.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tem-se como desígnio principal deste artigo, uma apresentação do pluviômetro automático que foi pensado e desenvolvido preservando os princípios de construção de baixo custo, com menor peso bruto possível e aplicação de técnicas de produção simples e automação com uso de software livre. Estão descritas abaixo, as fases conforme foram surgindo as ideias para a produção das peças.

O trabalho foi dividido em duas partes, uma teórica e outra operacional. Na primeira etapa, foram feitas pesquisas relacionadas à precipitação na região a ser instalados os pluviômetros, a fim de dimensionar o tubo de coleta de água, para que mesmo em diferentes regimes climáticos a coleta máxima de precipitação não seja superior a 1 litro de água e equacionar a relação entre os mililitros de água coletada e o volume da precipitação. Já o projeto operacional foi responsável pelo planejamento e estruturação do pluviômetro.

A utilização de PVC para construção de peças estruturais foi fundamental, tendo em vista a possibilidade de adquirir com facilidade em diferentes regiões. Com o propósito de instalação dos equipamentos em áreas remotas da Amazônia, Andes e do Chaco, a utilização de materiais leves e de baixo custo, beneficia a logística, bem como garante um baixo custo de frete.

O equipamento possui estrutura construída com cano de PVC, dividido em parte de armazenagem e parte de coleta e distribuição de água, com altura total de aproximadamente um metro e meio (1,5 metros). Na parte interna, são acomodados 12 frascos (12 meses), com capacidade de armazenamento de 1 (um) litro de água, acomodadas em suportes dispostos em 3 níveis de altura sendo 4 frascos em cada nível, conforme Figura 2 dos Resultados.

2.1 Distribuição mensal da água coletada.

O pluviômetro tem função importante de distribuir em 12 frascos a água coletada durante o período de operação (1 ano). Para isso, a água captada a partir do coletor principal, é direcionada à coletores secundários os quais, por meio de um disco móvel, distribui a água entre os frascos. Os 12 de um total de 13 coletores secundários são conectados aos 12 frascos de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

armazenamento, sendo que o 13° coletor é utilizado apenas para descartar a água captada a partir do 12° mês de operação do equipamento.

No que tange a distribuição da água, o movimento do disco de distribuição foi automatizado, utilizando um motor de passo, acionado por um driver específico, controlado por uma placa Arduino. O motor de passo, com uma engrenagem, é fixado na lateral interna do cano da estrutura e atua em conjunto com uma cremalheira fixada no disco de distribuição e com este mecanismo, o acionamento do motor de passo induz o giro do disco, posicionando precisamente a mangueira do coletor principal com o coletor secundário.

2.2 Preservação da amostra

A grande preocupação durante a idealização do pluviômetro automático situou-se nos mecanismos de preservação das amostras, devido ao fato de ser, de certa forma, a atividade-fim do equipamento. Diante desta preocupação, a aplicação simultânea de dois mecanismos mostraram eficiência, sendo que o primeiro é um *looping* na mangueira do frasco, que atua na redução da área de exposição da água, fazendo com que a evaporação da água seja diminuída. O segundo mecanismo atua na vedação do sistema de entrada de água a partir dos coletores secundários e suspiro, através da inserção de uma esfera de aço.

Para aferir o sistema de preservação, uma amostra de água da chuva foi coletada, sendo que 50ml foi armazenada sob refrigeração para servir como amostra controle e outros 3 litros, divididos em três frascos que foram armazenadas no equipamento por 172 dias. Mensalmente eram recolhidas amostras e preservadas sob refrigeração, obtendo assim, amostragens de 30, 60, 90, 120, 150 e 172 dias. Por fim, todas as amostras (controle e mensais) foram analisadas em um espectrômetro de massa do Centro Polar e Climático (CPC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3. Resultados e Discussões

O resultado deste trabalho está demonstrado através da Figura 2 abaixo, que mostra a estrutura final do equipamento desenvolvido e testado. A referida Figura mostra uma vista



externa geral do equipamento e em seguida uma vista com transparência no tubo externo, permitindo uma visualização geral da composição interna, composta por frascos de armazenamento, caixa de automação, sistema de distribuição através de coletores secundários que abrigam as esferas de vedação do armazenamento individual, e a parte superior que abriga o motor de passo e cremalheira, bem como o coletor principal e a placa solar para alimentação fotovoltaica do sistema automático.

Na Figura 2 também se dá destaque especial para o sistema de vedação, composto por esferas e o looping da mangueira flexível, que auxiliam a contenção da evaporação.

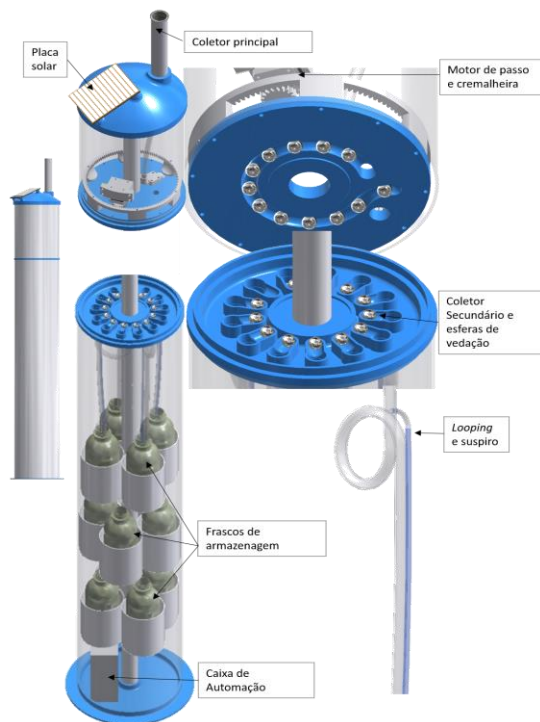


Figura 2 – Estrutura geral do pluviômetro



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3.1 Estrutura

A estrutura externa e interna do equipamento é baseada em canos de PVC de diferentes diâmetros, de acordo com a função. O pluviômetro divide-se em setor de armazenagem dos frascos, na parte inferior, e setor de coleta, disposto na parte superior. A parte inferior abriga uma caixa estanque onde está armazenada a placa de controle dos sensores para coleta dos dados climáticos e de automação da distribuição e preservação da água. Na parte superior está o motor de passo que efetua o giro do disco para distribuição mensal da água e consequente vedação do sistema de armazenamento.

Visando uma melhor precisão no funcionamento, três peças foram produzidas através de impressão 3D, no Laboratório Ciência 3D Impressa do Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF) da FURG. O aluno do curso de física, Gutemberg Conrado, executou os desenhos em software específico e imprimiu a cremalheira e a engrenagem do motor de passo, dando assim melhor precisão e garantia de funcionamento do sistema de distribuição de água entre os coletores secundários. Outro item impresso foi o disco que é a base das esferas e coletores secundários.

A caixa estanque abriga o controlador de carga, a bateria, o *shild* de memória, o driver de controle do motor-de-passo e o RTC. Na parte externa, a placa solar é fixada de acordo com a inclinação solar, a fim de se obter a maior eficiência da mesma. Os sensores também ficam dispostos na parte externa do pluviômetro de maneira que consigam coletar de forma fidedigna as informações do tempo.

3.2 Sistema de preservação das amostras.

Os resultados da composição isotópica da água da chuva mostraram que o sistema de preservação das amostras é eficiente, visto que a permanência durante 172 dias não alterou a assinatura isotópica da água. A variação na razão isotópica do oxigênio dezoito ($\delta^{18}\text{O}$) (Figura 3) é inferior a precisão do equipamento de mensuração, em outras palavras, o dado da razão isotópica ($\delta^{18}\text{O}$) pode conter um erro de 0,3 %. Adicionalmente, se ocorresse evaporação da



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

água, a razão isotópica seria maior, visto que ocorre maior evaporação dos isótopos leves (O^{16}), concentrando os isótopos pesados (O^{18}). Por isso, acredita-se que as variações, especialmente da diminuição da razão isotópica, estão aos limites de precisão da técnica de mensuração dos isótopos estáveis. Cabe ressaltar, que o limiar de 0,3‰ da imprecisão é pequeno, quando comparado ao empobrecimento isotópico de um processo de evaporação-precipitação, que é de aproximadamente 3‰.

Na Figura 3 é possível observar as variações do $\delta^{18}O$ da amostra preservada por 6 meses no pluviômetro automático. Observa-se que as seis coletas mensais, ao longo de 172 dias (no eixo horizontal), apresentaram variações inferiores a 0,3‰ (linha vermelha) do $\delta^{18}O$.

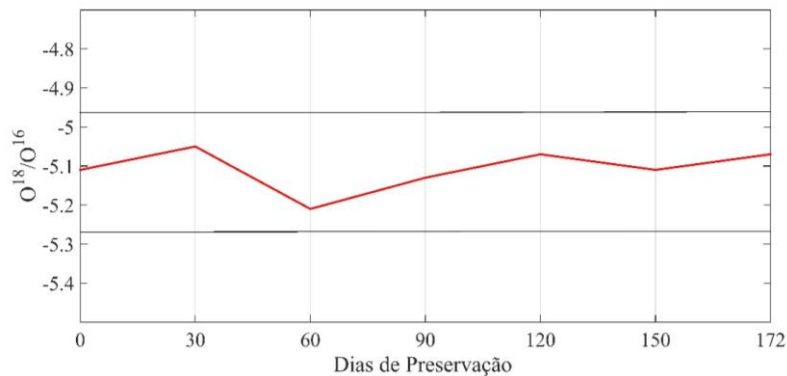


Figura 3 Variação da razão isotópica do oxigênio dezoito ($\delta^{18}O$), para coletas mensais, durante 172 dias.

Inicialmente serão instalados 6 (seis) pluviômetros, distribuídos conforme Figura 4. Os equipamentos serão distribuídos no eixo Sul-Norte com aproximadamente 2° de latitude de distanciamento entre eles. Além dos pontos de localização dos equipamentos a Figura 4 mostra a média da precipitação através dos gráficos da esquerda e a variabilidade da precipitação nos gráficos da direita, para as mesmas regiões.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

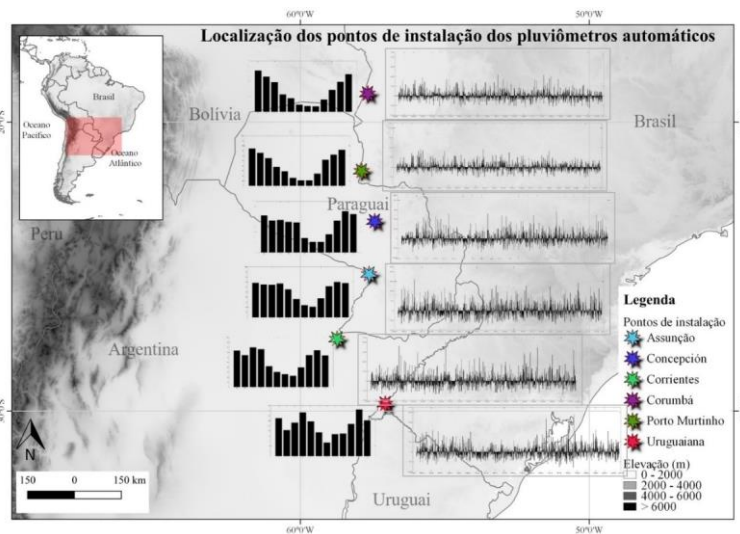


Figura 4 – Mapa de localização dos pluviômetros com a média e a variabilidade da precipitação

4. Referências Bibliográficas

DANSGAARD, W. The O18 abundance in fresh water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.6, n.5, p.241-260, 1954.

DANSGAARD, W. Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, v.16, n. 4, p. 436-468, 1964.

DALL'OLIO, A., SALATI, E., AZEVEDO, C.T. e MATSUI, E. Modelo de fracionamento isotópico da água na bacia amazônica (Primeira aproximação). *Acta Amazônica*, v. 9, n. 4, p. 675-687, 1979.

MAIA, W. C., MAIER, E.LB. Desenvolvimento de geotecnologias para coleta de dados climáticos. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia Bacharelado), na Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande. 2017.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAIER, E.L.B. Relações espaço-temporais entre dados paleoclimáticos do Nevado Illimani (Bolívia) e a precipitação na América do Sul. 2014. 126 f. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2014.

PERES, T. C. MAIER, E, L, B. Análise das relações entre o $\delta^{18}O$ do testemunho de gelo do Nevado Illimani (Bolívia) com a precipitação da região tropical da América do Sul (1929- 1998). Revista Brasileira de Geografia Física. v. n. 3, p. 820 – 83, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233720>>. Acesso: 1 out. 2018.