

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO DOS REGISTROS DO PLUVIÔMETRO E PLUVIÓGRAFO PERTENCENTES À REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA SUREG-SA

Denize Ribeiro da Silva¹; Rejane Bao²; João Manoel Campos³; Osvalcílio Mercês Furtunato⁴

RESUMO – O gerenciamento de recursos hídricos depende de informações confiáveis. Informação é a base que garante a qualidade da decisão, inclusive como forma de diminuir a incerteza e de garantir a sustentabilidade do sistema. A CPRM é uma instituição que faz parte da gestão de recursos hídricos, pois é responsável pelo monitoramento hidrometeorológico, telemétrico, qualidade de água, sedimentométrico, de cerca de 2500 estações. A Superintendência Regional de Salvador monitora 211 estações pluviométricas e 24 pluviográficas. É bastante difícil, obter uma série histórica ininterrupta de precipitação, devido a inúmeros problemas operacionais. Sendo assim, a comparação de registros automáticos e manuais, mostra-se necessária no intuito de dirimir os erros. O teste *t* para dados pareados é uma ferramenta estatística importante na comparação de grupos semelhantes. Neste trabalho analisou-se as médias mensais dos registros do pluviógrafo e pluviômetro, para verificação da igualdade de médias. As séries temporais de precipitação mensais das 24 estações pluviométricas e pluviográficas no período de 01 de janeiro de 2005 a dezembro de 2009 foram estudadas.

ABSTRACT - The management of water resources depends on reliable information. Information is the foundation that ensures the quality of the decision, even as a way to reduce uncertainty and ensure sustainability of the system. CPRM is an institution that is part of the management of water resources, it is responsible for hydrometeorological monitoring, telemetry, water quality, sedimentometric of about 2500 stations. The Regional Superintendent of Salvador monitors 211 rainfall stations and 24 rain gauge. It is quite difficult to obtain an uninterrupted series of precipitation due to numerous operational problems. Thus, the comparison of automatic and manual records, seems necessary in order to resolve the errors. The *t* test for paired data is an important statistical tool for comparing similar groups. In this work we analyzed the monthly averages of recording rain gauges and rain gauge records to verify the equality of means. The time series of monthly precipitation from 24 rain gauge stations and rainfall in the period from 1 January 2005 to december 2009 were studied.

Palavras-chave: Precipitação, distribuição normal, comparação.

-
- 1) Técnica em Geociências da CPRM/SGB; Av. Ulysses Guimarães, 2862, CAB, Salvador/BA. CEP: 41213 - 000. Tel: (71) 3230 – 9977, Ramal: 222. E-mail: denize.silva@cprm.gov.br
 - 2) Técnica em Geociências da CPRM/SGB; Av. Ulysses Guimarães, 2862, CAB, Salvador/BA. CEP: 41213 - 000. Tel: (71) 3230 – 9977, Ramal: 222. E-mail: rejane.bao@cprm.gov.br
 - 3) Técnico em Geociências da CPRM/SGB; Av. Ulysses Guimarães, 2862, CAB, Salvador/BA. CEP: 41213 - 000. Tel: (71) 3230 – 9977, Ramal: 222. E-mail: joao.campos@cprm.gov.br
 - 4) Pesquisador em Geociências da CPRM/SGB; Av. Ulysses Guimarães, 2862, CAB, Salvador/BA. CEP: 41213 - 000. Tel: (71) 3230 – 9977, Ramal: 255. E-mail: osvalcelio.furtunato@cprm.gov.br

INTRODUÇÃO

A água como um bem de domínio público precisa ser protegida e gerenciada para que possa preservar as características importantes aos usos a que se destinam. Isto é possível através do conhecimento dos recursos hídricos ao longo do tempo, por redes hidrometeorológicas.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM é uma instituição que participa do gerenciamento dos recursos realizando o monitoramento de redes hidrológicas, implantação e operação de redes hidrometeorológicas, telemetria, de qualidade de água e sedimentométricas, bem como monitoramento de níveis de açudes. Opera a rede hidrometeorológica nacional constituída por cerca de 2500 estações, sendo 200 telemétricas via satélite.

A Superintendência Regional de Salvador - Sureg-Sa é responsável pelo monitoramento de 211 estações pluviométricas, sendo 24 estações pluviográficas em toda rede. Além de coletar, consiste e armazena cerca de 240.000 dados hidrológicos anuais. A análise de consistência é realizada de acordo com as Diretrizes para Tratamento de Dados Hidrométricos, elaborada em parceria com a Agência Nacional de Águas - ANA e o armazenamento é efetuado através do Banco de Dados HIDRO.

Um dos grandes problemas para as pesquisas em hidrologia é obter uma série histórica ininterrupta de precipitação de boa qualidade, apesar dos aparelhos serem simples. Ocorrem períodos sem informações ou falhas de observações, devido a problemas com os aparelhos de registro ou com o observador do posto. Os dados precisam passar por uma análise antes de serem utilizados (TUCCI, BERTONI, 2004).

A chuva é medida pontualmente, através dos pluviômetros ou pluviógrafos e especialmente, por radares. Os pluviógrafos e os pluviômetros são aparelhos que medem precipitações, possuem normas de instalação e geralmente são dos modelos IH e Ville de Paris, respectivamente. A diferença entre ambas é que o pluviógrafo registra automaticamente, ao contrário do pluviômetro que requer leituras manuais a intervalos de tempo fixos (CHEVALLIER, 2004).

Para tentar resolver problemas de confiabilidade das séries geradas pelos pluviômetros e pluviógrafos, é imprescindível além de conhecer os métodos de aquisição, os aparelhos, local e ainda quem manipula; técnicas estatísticas que minimizem estes erros (CHEVALLIER, 2004).

Ao longo do tempo várias técnicas estatísticas vêm sendo utilizadas com o intuito de identificar erros ou falhas cometidos pelos registradores acima citados. Uma dessas técnicas é o teste de comparação de médias entre duas amostras, chamado teste *t* para dados pareados, que visa formar grupos de elementos aproximadamente semelhantes e compará-los. A observação do efeito

do uso dos registradores pode ser feita em cada par, pela variável D (diferença entre os dois elementos do par).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A rede hidrometeorológica da Bahia, monitorada pela Superintendência Regional de Salvador, contempla 9 sub-bacias (45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 e 53), engloba todo os estados da Bahia e Sergipe, bem como, parte de Minas Gerais. A região está “localizada entre os paralelos 08°00” e 16°00” latitude sul e os meridianos 36°00” e 46°00” longitude oeste.

As estações pluviográficas e pluviométricas que serão analisadas estão presentes nas sub-bacias 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52 e 53 conforme Figura 1, a seguir:

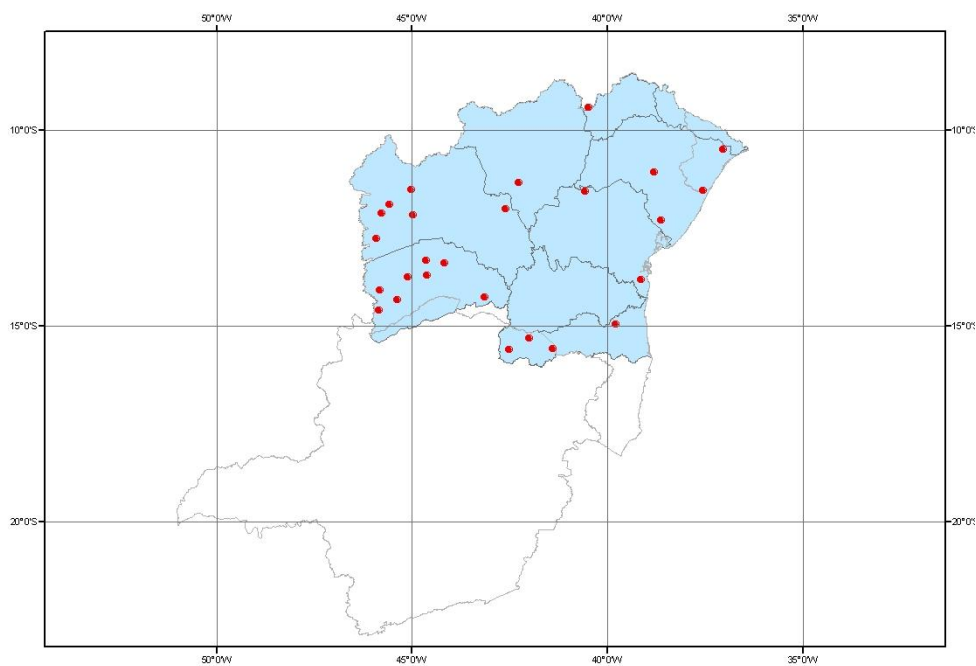


Figura 1. Localização da Rede Hidrometeorológica da Sureg-Sa

Dados Utilizados

Foram utilizadas as séries temporais de precipitações médias mensais das 24 estações pluviométricas e pluviográficas (Figura 2), do período de janeiro de 2005 a dezembro de 2009. Para isso utilizou-se os dados digitados no Hidro 1.09 (Sistema de Informações Hidrológicas) e os dados

digitalizados no programa Hidrograf 1.01 (Sistema para digitalização de pluviogramas). As estações são melhores identificadas na Tabela 1.

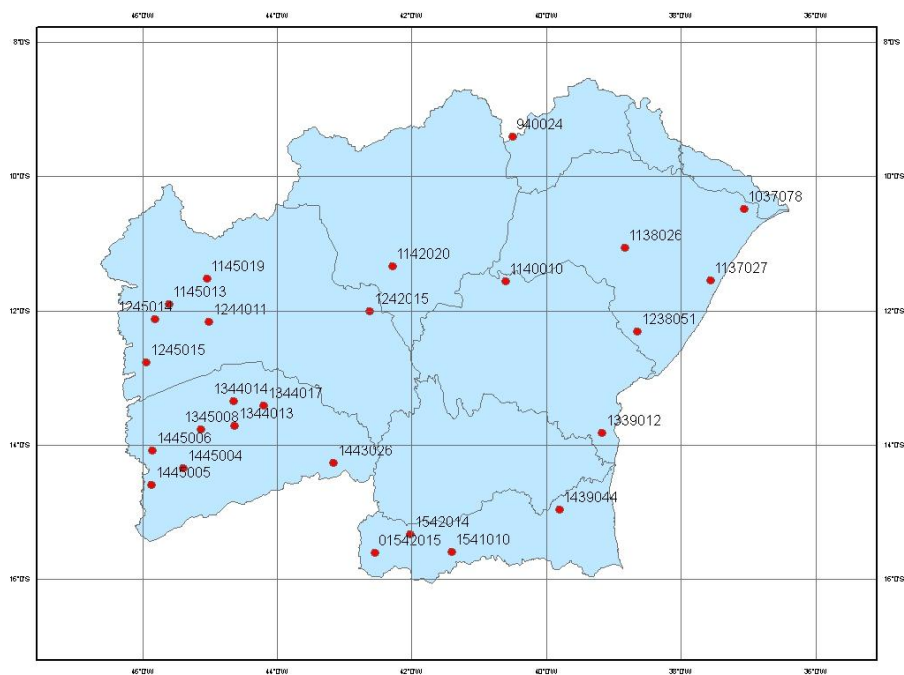


Figura 2. Localização das estações pluviométricas e pluviográficas na área de estudo.

Tabela 1 - Identificação das estações de medição de chuva

ESTAÇÃO	CODIGO	SUB-BACIA	LATITUDE	LONGITUDE
BARREIRAS	1244011	46	-12,15444	-45,00917
BROTAS DE MACAUBAS	1242015	46	-12,00361	-42,62833
CÂNDIDO SALES	1541001	53	-15,50722	-41,23028
CAPELA	1037078	50	-10,48333	-37,06667
CARIPARE	1145019	46	-11,51194	-45,04194
CORRENTINA	1344014	45	-13,33639	-44,65222
FAZENDA JOHA	1245014	46	-12,12556	-45,81083
FAZENDA REFRIGERIO-JUSANTE	1142020	47	-11,33306	-42,28528
FRANCA	1140010	51	-11,55333	-40,6
GATOS	1344013	45	-13,71056	-44,6325
ITAMARATI	1541010	53	-15,58083	-41,40861
ITANHI	1137027	50	-11,54194	-37,56611
ITUBERA	1339012	51	-13,81056	-39,16917
IPIAÚ	1439014	52	-14,16972	-39,68861
JUAZEIRO (PCD)	940024	48	-9,40556	-40,50333
PALMAS DE MONTE ALTO	1443026	45	-14,25944	-43,16556
PONTE EUCLIDES DA CUNHA	1138026	50	-11,06306	-38,83528
PONTE SERAFIM-MONTANTE	1145013	46	-11,89611	-45,61194
RIO PARDO DE MINAS	1542015	53	-15,59833	-42,5475

RODA VELHA	1245015	46	-12,76528	-45,94389
SANTA CRUZ DA VITORIA	1439044	53	-14,95917	-39,80833
SANTA MARIA DA VITORIA (PCD)	1344017	45	-13,40056	-44,1975
SAO JOAO DO PARAISO	1542014	53	-15,31667	-42,02278
TEODORO SAMPAIO	1238051	50	-12,30028	-38,64389

Métodos

Foi realizado um teste estatístico de Hipótese, para comparação de médias; o teste t para dados pareados. Este teste é adequado para avaliar a variável resposta sobre a aplicação de um procedimento. Neste caso, observar as médias mensais de chuvas a partir dos registradores manual e automático, pluviômetro e pluviógrafo, respectivamente. O teste consiste em construir dois grupos de elementos aproximadamente semelhantes e submetê-los a algum método que se deseja comparar.

As hipóteses testadas são:

Ho : Os registros médios de chuvas são diferentes a partir do uso dos medidores.

H1 : Os registros médios de chuvas não são diferentes a partir do uso dos medidores.

Ou, ainda

Ho : $\mu_D = 0$

H1 : $\mu_D \neq 0$

Aplicou-se um teste bilateral, baseado nos valores das diferenças observados entre as médias amostrais; resultando na variável D. A hipótese Nula será correta se os valores desta variável estiverem em torno de zero, ou ainda se a média desta diferença, \bar{D} , estiver próxima de zero (BARBETTA, 2005).

Estatística do teste:

$$T = \frac{\bar{D} - \mu_D}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

onde:

n : tamanho da amostra;

\bar{D} : média das diferenças observadas;

SD : desvio padrão das diferenças observadas;

μ_D : média populacional, que de acordo com a hipótese nula é zero.

A aplicação do teste é função da suposição de que a variável D (diferença entre as mensurações) segue uma distribuição normal; para tanto, fez-se uma análise estatística dos dados, bem como o teste de ajuste da distribuição de frequência à distribuição normal, segundo o teste de

Kolmogorov-Smirnov (DKS) no nível de significância de 5%, utilizando o programa STATISTICA[®] (StatSoft Inc.,2004). Para amostras grandes ($n \geq 30$) o teste é válido, mesmo que a variável D, não tenha distribuição normal (BARBETTA, 2005).

A distribuição de referência, atendida a suposição, é a *t de Student* com $gl=n-1$, graus de liberdade. Analisados os dados amostrais e calculado o valor da estatística *t*, obtém-se a probabilidade de significância ou p-valor, a partir da tabela da distribuição *t de Student*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados mostrados na Tabela 2 é possível verificar que a distribuição normal dos dados foi confirmada comparando-se os valores de D_t (KS) com o valor admissível $D_{c,n,5\%}$ (KS) do teste de Kolmogorov-Smirnov. Sendo assim, a aplicação do teste *t* de dados pareados é válida.

Tabela 2 – Resumo da estatística descritiva dos dados das estações

ESTAÇÃO	Estatística Descritiva das diferenças das médias				
	n	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	D_t (KS)	$D_{c,n,5\%}$ (KS)
BARREIRAS	12	4,9	7,6	0,258	0,375
BROTAS DE MACAUBAS	12	5,9	6,5	0,241	0,375
CÂNDIDO SALES	12	18,9	15,5	0,216	0,375
CAPELA	12	12,8	14,4	0,282	0,375
CARIPARE	12	12,6	23,1	0,368	0,375
CORRENTINA	12	2,4	3,7	0,224	0,375
FAZENDA JOHA	12	8,0	19,4	0,240	0,375
FAZENDA REFRIGERIO-JUSANTE	12	6,7	8,5	0,254	0,375
FRANCA	12	5,9	4,2	0,166	0,375
GATOS	12	10,2	10,1	0,313	0,375
ITAMARATI	12	8,7	11,7	0,220	0,375
ITANHI	12	4,6	8,2	0,157	0,375
IPIAÚ	12	8,9	10,3	0,196	0,375
ITUBERA	12	9,3	12,9	0,255	0,375
JUAZEIRO (PCD)	12	1,4	2,3	0,266	0,375
PALMAS DE MONTE ALTO	12	7,4	11,7	0,263	0,375
PONTE EUCLIDES DA CUNHA	12	5,4	6,2	0,245	0,375
PONTE SERAFIM-MONTANTE	12	14,7	20,3	0,183	0,375
RIO PARDO DE MINAS	12	7,7	18,9	0,215	0,375
RODA VELHA	12	40,4	35,6	0,186	0,375
SANTA CRUZ DA VITORIA	12	9,0	5,4	0,126	0,375
SANTA MARIA DA VITORIA (PCD)	12	1,2	2,9	0,257	0,375
SAO JOAO DO PARAISO	12	3,4	3,8	0,171	0,375
TEODORO SAMPAIO	12	23,1	24,9	0,297	0,375

D_t (KS)=máx [F(X)-G(X)], em que F(X)=P(X≤x) são as freqüências acumuladas dos valores observados;

$D_{c,n,5\%}$ (KS) é o valor crítico do teste KS para n = N° de pontos.

O gráfico da Figura 3 mostra de maneira simplificada o resultado do teste de Hipótese, de comparação de médias para dados pareados, a partir da estatística *t de Student*. As estatísticas *t* calculadas revelaram que, considerando o nível de significância de 5%, apenas 7 estações, mostram evidências de que não existem diferenças entre as médias mensais, são elas: Cariparé, Fazenda Johá, Itanhi, Juazeiro, Palmas de Monte Alto, Rio Pardo de Minas e Santa Maria da Vitória. Estas estações localizam-se abaixo da linha da estatística *t* tabelada admissível.

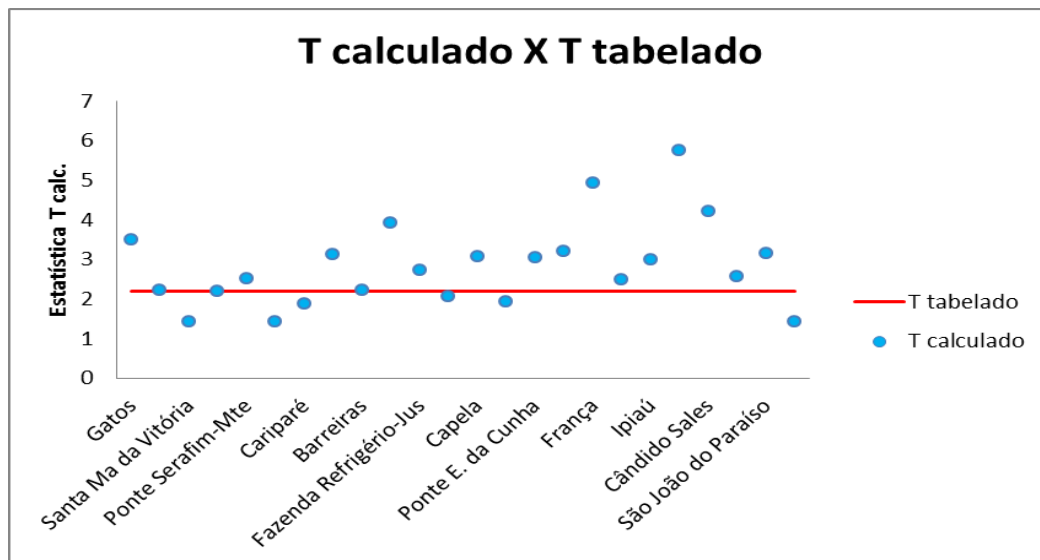


Figura 3. Gráfico das estatísticas *t* das estações e estatística *t* tabelada admissível.

As diferenças do que é medido nos dois tipos de registradores era de se esperar, pois trata-se de maneiras diferentes de coleta de precipitação, mas o alto índice de rejeição para igualdade das médias levantou suspeita de que os dados poderiam estar com problemas. Uma das explicações para essas diferenças eram problemas nos pluviógrafos: dados descontínuos, gráficos sem registros, vários dias registrados num único gráfico. Essas dificuldades geram informações que não representam a realidade.

CONCLUSÃO

A utilização da metodologia estatística para aferição dos dados é importante, pois permite tomada de decisões baseadas em probabilidades, ou seja, decisões mensuradas. A aplicação de testes estatísticos permite avaliar se as diferenças nos registros de chuvas dos pluviômetros e pluviógrafos são justificadas por fatores casuais (H_0) observados nos grupos, ou se tais diferenças são reais (H_1).

A maioria das estações rejeitou a hipótese da pesquisa, e essas diferenças reais podem ser explicadas a partir de problemas, na obtenção dos dados, sobretudo por parte do registrador automático. Nesta análise, 7 estações possuem pluviógrafos em bom estado de funcionamento, sendo os dados compatíveis com o que medido no pluviômetro. Numa análise de consistência de dados de precipitação, essas estações iniciariam o estudo, pois já estariam aferidas.

O teste t para dados pareados é interessante para verificar a eficiência de equipamentos, e na hidrologia sua aplicação seria largamente utilizada.

BIBLIOGRAFIA

BARBETTA, P. A. Estatística aplicada às Ciências Sociais. – 5 ed. rev. –Florianópolis: Ed. UFSC, pp. 195-224, 2005.

ESRI. Inc. ArcMap versão 8.1 Copyrigh – US Patent N° 5710835, 2001.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. [et. al] (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. -3.ed. -São Paulo: Escrituras Editora, pp. 145-158, 2006.

TUCCI, C. E. M.;SILVEIRA, A. L. L. [et. al.] (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. -3ed., prim. reim. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, pp. 177-199, 485-496, 2004.

TUCCI, C. E.; BRAGA, B. (Org.). Clima e Recursos Hídricos no Brasil. –Porto Alegre: ABRH, pp. 77-90, 2003.