

## Estimativa da série de precipitação de uma bacia sem dados históricos

Estimation of the rainfall series of a basin without historical data

Anderson de Jesus Lima\*  
Universidade Federal de Sergipe

### Resumo

*O trabalho consiste na estimativa da série de precipitação na Bacia Experimental do PRORH a partir da análise da correlação linear entre os dados de precipitação registrado na bacia em uma estação pluviométrica monitorada pela ANA, que possui série histórica de dados de chuva e dista 18km da bacia em estudo. A equação da reta foi determinada como base em 31 pares de chuva mensais, com mesmo período em ambas as séries. O coeficiente linear de Pearson ( $r \cong 0,97$ ) demonstrou correlação forte e o coeficiente de determinação ( $R^2 \cong 0,84$ ) indicou satisfatória aderência dos dados à reta gerada a partir da regressão linear. Dito isto, e desconsiderando os resultados insatisfatórios obtidos para o erro padrão e intervalo de previsão – associados pouca robustez da ferramenta estatística dada a aleatoriedade dos eventos de chuvas, pode-se empregar a equação da reta para determinação da série de precipitação na bacia. De modo que, da comparação entre a série estimada para a bacia e a série registrada na estação ANA, pode-se verificar a mesma tendência de maiores precipitações na primeira em relação a segunda, observada nos dados de chuva em ambas estações no período utilizado na análise de correlação linear.*

**Palavras-chave:** Chuva; Série histórica; Coeficiente de correlação

### Abstract

*The work consists in the estimation of the precipitation series in the PRORH Experimental Basin from the analysis of the linear correlation between the precipitation data recorded in the basin and in a rainfall station monitored by the ANA, which has a historical series of rainfall data and is 18 km distant from the basin in study. The equation of the line was determined as the basis of 31 pairs of rain per month, with same period in both series. The linear coefficient of Pearson ( $r \cong 0.97$ ) demonstrated strong correlation and the coefficient of determination ( $R^2 \cong 0.84$ ) indicated satisfactory adherence to the straight data generated from the linear regression. That said, and despite the unsatisfactory results obtained for the standard error and prediction range-associated low robustness of statistical tool given the randomness of rainfall events, you can employ the equation of the line to determine the series of precipitation in the basin. So, the comparison between the estimated series for the basin and the series recorded at station ANA, you can check the same trend of increased rainfall in the first against the second, rain data observed in both seasons in the period used in the linear correlation analysis.*

**Keywords:** Rain; Historic Serie; Correlation coefficient

## 1 Introdução

Na hidrologia, a precipitação é definida como toda água oriunda do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Há diferentes formas de precipitação a depender do seu estado físico: neblina, orvalho, saraiva, neve, geada e chuva. É de fundamental importância conhecer a disponibilidade de precipitação na bacia hidrográfica, tendo em vista que esta oferece subsídio no estudo das demandas hídricas de abastecimento e irrigação, controle de inundação, erosão do solo, etc. Por sua capacidade de gerar escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante nos estudos hidrológicos (TUCCI; SILVEIRA, 2015).

A medição da quantidade de chuva precipitada é realizada por meio de instrumentos chamados pluviômetros, que são recipientes com algumas dimensões padronizadas que coletam a água precipitada. O pluviômetro mais usado no Brasil tem forma cilíndrica com área superior para a captação de chuva de 400cm<sup>2</sup>. Os registros dos dados de chuva dos pluviômetros podem ser realizados de maneira manual ou automática (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

Estima-se que no Brasil exista 3580 estações pluviométricas em atividade, dentre estas, 20 estão localizadas no estado de Sergipe (ANA, 2018b). Elas fazem parte da Rede Hidrométrica Nacional (RHN) que conta com aproximadamente 11.000 estações, administradas por organismos federais, setoriais, estaduais e particulares. Deste total, 4.200 estações hidrométricas fazem parte da rede básica nacional em operação, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) (CPRM, 2018).

Infelizmente, muitas dessas estações possuem dados históricos insatisfatórios ou simplesmente inexistentes. Associado a isto, o fato de que a ocorrência da precipitação é um evento aleatório corroboram para a necessidade de um tratamento estatístico dos dados disponíveis, tendo em vista que diversas obras de engenharia têm como parâmetro de projeto dados de chuva, especialmente as barragens, cujos projetos demanda séries históricas de precipitações relativamente longas.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo estimar a série de precipitação para uma região onde a estação pluviométrica possui poucos anos de registro de chuva, a partir da análise estatística da correlação linear entre a precipitação registrada na região com série histórica conhecida e a região sem série histórica de chuva disponível.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Considerações iniciais

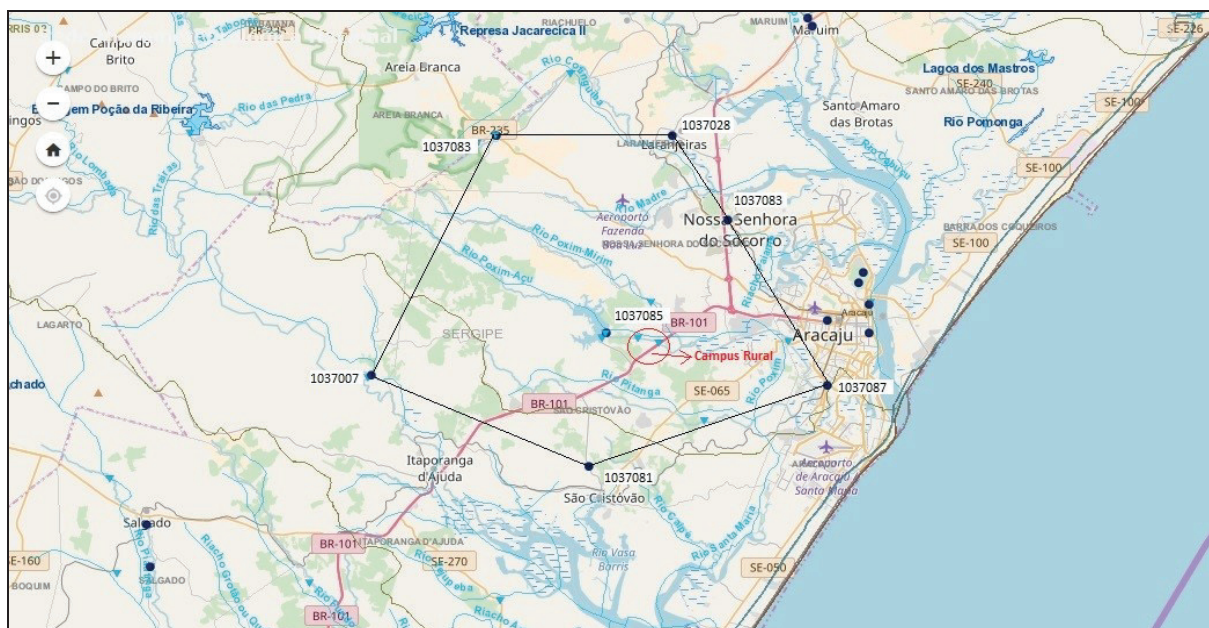
Este estudo foi realizado para Bacia Experimental do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Utilizou-se dados da estação pluviométrica instalada no Campus Rural da UFS, localizado dentro da bacia experimental no município de São Cristóvão/SE, do período de junho/2015 a dezembro/2017.

No primeiro momento fez-se o levantamento das possíveis estações pluviométricas instaladas ao redor da bacia que pudessem oferecer séries históricas a serem utilizadas neste trabalho. Para tal, recorreu-se ao Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH) mantido pela ANA, através da ferramenta HidroWeb. Neste portal é possível identificar onde estão instaladas as estações de monitoramento hidrológico, bem como ter acesso aos dados históricos das mesmas (ANA, 2018a). Na Figura 1 destaca-se as sete principais estações pluviométricas instaladas ao redor da bacia experimental, os pontos pretos indicam sua localização e o número ao lado refere-se ao código da estação no cadastro da ANA.

Dentre as estações previamente escolhidas apenas três possuíam informações de chuvas em seus bancos de dados, são elas: a estação pluviométrica nº 1037028, localizada no município de Laranjeiras, com série histórica de dados de chuva não consistidos de junho/1920 a dezembro/1987; estação pluviométrica nº 1037083 em Nossa Senhora do Socorro, com dados de janeiro/1965 a janeiro/1972, não consistidos; e a estação pluviométrica nº 1037007 localizada no município de Itaporanga d'Ajuda, com série histórica de dados de novembro/1948 a fevereiro/2018, possuindo dados consistidos até dezembro/2006.

Diante da necessidade de que os dados de chuvas da estação com série histórica conhecida esteja compreendido no mesmo período disponível para a bacia com série histórica inexistente, para melhor validação dos estudos estatísticos, desenvolveu-se o trabalho utilizando apenas a estação nº 1037007. Esta estação é monitorada pela ANA e está instalada, mais especificamente, na Fazenda Belém em Itaporanga d'Ajuda, distando aproximadamente 18km da Bacia Experimental.

Figura 1 - Estações pluviométricas ao redor da bacia



Fonte: HidroWeb (2018)

Com os dados de precipitação na Bacia Experimental e Fazenda Belém realizou-se estudo de correlação linear determinando coeficiente de correlação amostral e populacional, equação da reta de regressão, coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa, e intervalo de previsão. Seguindo metodologia descrita no próximo item.

## 2.2 Estudo de correlação linear de Pearson

A correlação consiste numa relação entre duas variáveis. Os dados podem ser representados por par ordenados  $(x,y)$ , onde  $x$  é a variável independente e  $y$  é a variável dependente (LARSON; FARBER, 2010). Neste trabalho considerou-se como variável dependente a precipitação na Bacia Experimental e a variável independente a precipitação na Fazenda Belém.

Pode-se avaliar o nível de correlação entre duas variáveis através de método gráfico, por meio da elaboração de um diagrama de dispersão, ou por medida numérica por meio dos coeficientes de correlação que representa o grau de aproximação entre duas variáveis contínuas (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

O coeficiente de correlação amostral entre os de chuva nas estações pode ser determinado pela equação de Pearson (Equação 1).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_m)(y_i - \bar{y}_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_m)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_m)^2}} \quad (1)$$

onde,

$r$  é o coeficiente de correlação de Pearson;

$x_i$  e  $y_i$  são valores medidos de ambas as variáveis;

$\bar{x}_m$  e  $\bar{y}_m$  são as médias das variáveis  $x$  e  $y$ ;

$n$  é o número de pares de variáveis.

Neste trabalho utilizou-se a função “= CORREL(Matriz A; Matriz B)” em uma planilha eletrônica para determinar o coeficiente de correlação linear amostral de Pearson. Calculou-se em seguida o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), encontrado a partir do quadro de  $r$ . Este coeficiente indica o percentual de variação de uma variável que pode ser explicada a partir do valor de outra variável.

Uma vez calculado  $r$ , o coeficiente de correlação da amostra, buscou-se determinar se há evidências suficientes para decidir se o coeficiente de correlação populacional ( $\rho$ ) é significativo. Para que o coeficiente de correlação seja significativo é necessário que seu valor absoluto seja próximo de 1. Afim de realizar essa verificação recorreu-se a tabela de valores

críticos (Anexo A), onde as variáveis de entrada são o número de pares de dados da amostra e o nível de significância da correlação amostra-população; e o dado de saída é o coeficiente de correlação crítico ( $r_c$ ), abaixo do qual a correlação apresenta-se como insatisfatória.

Depois de verificar se a correlação linear entre as variáveis é significativa plotou-se um gráfico de dispersão, ajustou-se uma reta aos pontos (regressão linear) e determinou-se a equação dessa linha de regressão por meio da rotina “Adicionar linha de tendência”, marcando a opção de exibir equação no gráfico e exibir valor de  $R^2$ .

O erro padrão da estimativa foi determinado com base na Equação 2:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum(y_o - y_e)^2}{n - 2}} \quad (2)$$

onde,

$S_e$  é o erro padrão da estimativa;

$y_o$  é o valor da precipitação observada na bacia;

$y_e$  é o valor da precipitação estimado a partir da equação de regressão linear;

$n$  é o número de pares de variáveis.

A partir do erro padrão de estimativa pode-se determinar o intervalo de previsão (E) para o valor real da variável observada ( $y_o$ ). De modo que,  $y_e - E < y_o < y_e + E$ , utilizando uma distribuição de t com (n-2) graus de liberdade, conforme a equação a seguir:

$$E = t_c S_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{n(x_i - x_m)^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \quad (3)$$

onde,

$S_e$  é o erro padrão da estimativa;

$x_i$  é o valor da precipitação observado na estação;

$x_m$  é a média dos valores observados na estação;

$t_c$  é o valor crítico da distribuição t correspondente ao nível de confiança ( $\alpha$ ) adotado;

$n$  é o número de pares de variáveis.

Por fim, a partir da equação de regressão linear, estimou-se a série histórica de precipitação de 50 anos para a Bacia Experimental, tomando como base os dados consistidos da estação da Fazenda Belém no período de janeiro/1956 a dezembro/2006.

### 3 Resultados e discussão

No Quadro 1 tem-se os dados de precipitação na bacia experimental e da estação pluviométrica instalada na Fazenda Belém. Notou-se, em análise preliminar, que para os meses de junho, julho e setembro a precipitação registrada na Bacia Experimental e no pluviômetro da ANA apresenta comportamento semelhante.

Tomando os valores de chuva na Bacia Experimental como variável dependente dos valores de chuva registrado na estação da ANA, obteve-se o valor do coeficiente de correlação linear amostral ( $r$ ) de 0,9178. Como este coeficiente está compreendido entre 0,90 e 1,00 pode-se admitir uma correlação linear forte entre os valores de precipitação na Fazenda Belém e na Bacia Experimental (SILVIA; SHIMAKURA, 2006).

A partir do Anexo A, considerando o nível de significância de 1% e os 31 pares de dados correlacionados, determinou-se o valor crítico do coeficiente de correlação de Pearson. Contudo, não está explícito o coeficiente crítico para o  $n=31$ , logo, realizou-se uma interpolação dos valores encontrados para  $n=30$  e  $n=35$ , obtendo-se 0,458 como valor coeficiente de correlação crítico. Como este valor é menor do que 1, pode-se afirmar que a correlação populacional é significativa. O que significa dizer que a correlação linear observada nos 31 pontos amostrais é esperada para toda a população de dados, com risco de errar em 1% das vezes.

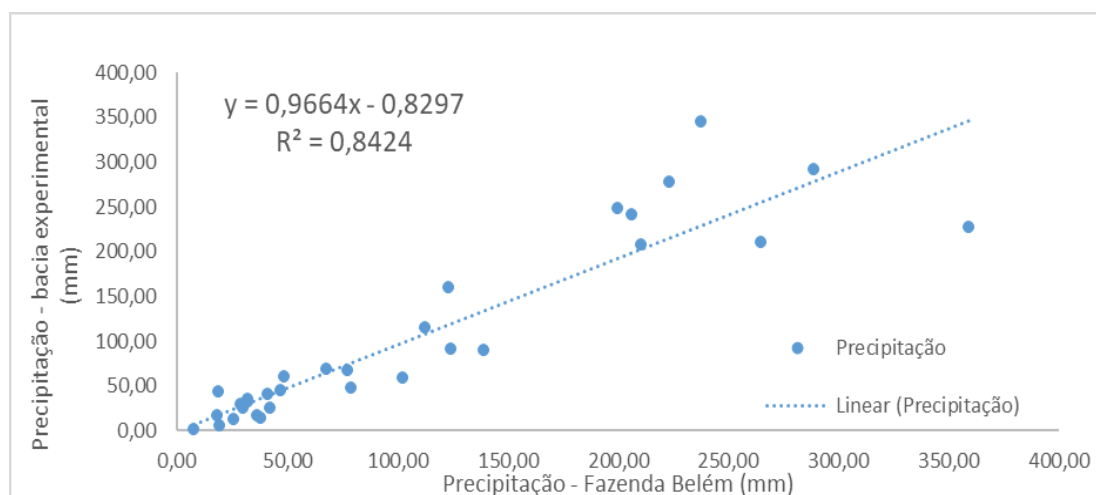
Quadro 1 – Precipitação registrada na Bacia Experimental e no Pluviômetro da ANA

Bacia Experimental PRORH												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	-	-	-	-	-	206,13	210,85	112,75	32,00	41,30	8,00	29,90
2016	77,50	79,25	29,00	48,80	200,00	265,00	68,10	102,30	32,00	38,00	19,50	42,50
2017	18,26	47,25	36,45	359,00	237,70	223,20	123,10	124,25	289,00	139,00	26,00	19,00
Pluviômetro ANA												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	-	-	-	-	-	241,30	208,10	114,50	32,20	40,70	2,00	24,80
2016	67,00	48,30	29,10	59,80	248,50	210,90	68,80	58,40	35,60	14,30	6,00	24,70
2017	16,20	45,20	16,10	226,50	344,70	277,60	159,60	91,00	291,00	89,70	12,90	43,60

Fonte: o autor

Atestada a correlação linear plotou-se o diagrama de dispersão, ajustou-se a reta de regressão linear e determinou-se sua equação, conforme Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de dispersão com regressão linear



Fonte: o autor

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido foi igual a 0,8424, que indica que 82,24% dos dados de pluviosidade na Bacia Experimental podem ser explicadas a partir da pluviosidade registrada na Fazenda Belém. De forma semelhante, Carvalho e Ruiz (2016) também aplicaram regressão linear para relacionar precipitação em duas estações, porém, possuíam como objetivo o preenchimento de falhas nas séries de dados. Os autores ressaltaram que valores de coeficiente de determinação obtidos, de 0,434 a 0,749, permitiram estimar, com precisão satisfatória, a cobertura das falhas.

O valor de  $R^2$  apresentado neste trabalho, superiores aos de Carvalho e Ruiz (2016), pressupõe uma afinidade maior entre as estações na Fazenda Belém e Bacia Experimental, indicando que possíveis falhas no registro da precipitação na Bacia Experimental podem ser preenchidas a partir de dados da Fazenda Belém. Já que, em se tratando de estações onde não é possível corrigir falhas a partir de dados da própria série, pode-se recorrer a dados de estações mais próximas (STAUDT; ESTEBAN-PARRA; CASTRO-DÍEZ, 2007). A boa correlação entre as estações pluviométricas estudadas tem sua origem, possivelmente, na distância entre elas, que certamente era menor que no trabalho dos referidos autores. De acordo com Leivas; Berlato e Fontana (2006), estudos de correlação entre estações pluviométricas apresentam melhores resultados quando estas pertencem à mesma região ecoclimática e altitude semelhante.

Os cálculos do erro padrão da estimativa e dos intervalos de previsão, bem como os principais resultados obtidos do estudo de correlação linear, estão apresentados no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Resultados da análise de correlação linear das precipitações (mm)

Dados	Bacia	Estação	Equação: $0,97x - 0,83$				
	$Y_o$	$X_i$	$X^2$	$Y_e$	$(1 - r^2) \sum (X_i - X_m)^2$	$E$	
1	206,13	241,30	58225,69	232,36	688,41	19520,60	87,34
2	210,85	208,10	43305,61	200,28	111,76	11345,69	86,27
3	112,75	114,50	13110,25	109,82	8,57	166,83	84,77
4	32,00	32,20	1036,84	30,29	2,93	4814,12	85,40
5	41,30	40,70	1656,49	38,50	7,82	3706,85	85,25
6	8,00	2,00	4,00	1,10	47,57	9916,95	86,08
7	29,90	24,80	615,04	23,14	45,74	5895,76	85,54
8	77,50	67,00	4489,00	63,92	184,44	1196,04	84,91
9	79,25	48,30	2332,89	45,85	1115,73	2839,17	85,13
10	29,00	29,10	846,81	27,29	2,92	5253,91	85,46
11	48,80	59,80	3576,04	56,96	66,60	1745,89	84,98
12	200,00	248,50	61752,25	239,32	1546,12	21584,35	87,61
13	265,00	210,90	44478,81	202,98	3845,98	11950,02	86,35
14	68,10	68,80	4733,44	65,66	5,96	1074,78	84,89
15	102,30	58,40	3410,56	55,61	2180,14	1864,85	85,00
16	32,00	35,60	1267,36	33,57	2,48	4353,87	85,34
17	38,00	14,30	204,49	12,99	625,51	7618,47	85,77
18	19,50	6,00	36,00	4,97	211,16	9136,28	85,97
19	42,50	24,70	610,09	23,04	378,68	5911,13	85,54
20	18,26	16,20	262,44	14,83	11,79	7290,41	85,73
21	47,25	45,20	2043,04	42,85	19,35	3179,14	85,18
22	36,45	16,10	259,21	14,73	471,79	7307,49	85,73
23	359,00	226,50	51302,25	218,06	19864,11	15604,04	86,83
24	237,70	344,70	118818,09	332,29	8946,96	59105,45	92,38
25	223,20	277,60	77061,76	267,44	1957,44	30981,68	88,83
26	123,10	159,60	25472,16	153,41	918,56	3365,87	85,20
27	124,25	91,00	8281,00	87,11	1379,18	112,02	84,76
28	289,00	291,00	84681,00	280,39	74,09	35878,47	89,46
29	139,00	89,70	8046,09	85,86	2824,24	141,23	84,77
30	26,00	12,90	166,41	11,64	206,30	7864,83	85,80
31	19,00	43,60	1900,96	41,31	497,53	3362,13	85,20
<b>Média</b>	<b>105,97</b>	<b>101,58</b>	<b>r = 0,9178</b>	<b>R<sup>2</sup>=0,8424</b>	<b>Erro padrão da estimativa (Se)=40,78</b>		
$\Sigma$	<b>3285,09</b>	<b>3149,10</b>	<b>623986,07</b>	<b>3017,57</b>	<b>48249,84</b>	<b><math>\alpha = 95\%</math></b>	<b>tc = 2,045</b>

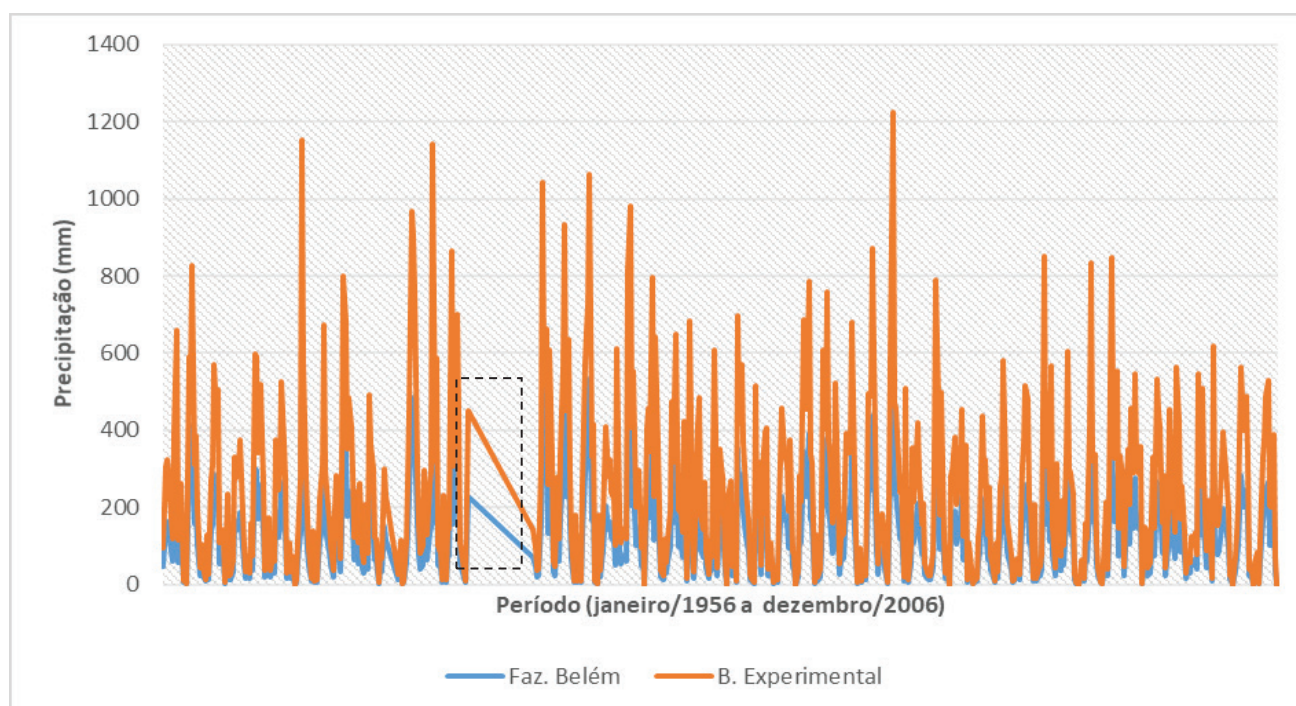
Fonte: o autor

Notou-se através dos resultados expostos no quadro acima, que o erro padrão da estimativa calculado é relativamente alto. Esta tendência também foi identificada nos valores de intervalos de previsão. Os valores insatisfatórios destes parâmetros decorreram do fato de que a metodologia aplicada na sua determinação considera que as variáveis estudadas obedecem uma distribuição normal (LARSON; FARBER, 2010). Que não se aplica a este estudo, uma vez que, amostras que contenham dados mensais de chuva apresentam alta variabilidade sazonal, dificultando a determinação de uma distribuição estatística característica. Em seu trabalho, Cardoso, Soccol e Sampaio (2009) concluíram para o município de Lages/SC, que a análise de séries de dados de chuvas mensais de maneira satisfatória dá-se por meio do ajuste de uma distribuição gama a esses dados.

De forma geral, estudos de correlação de séries de precipitação exige testes estatísticos mais complexos e elaborados. Isto foi constatado no trabalho de Santos (2015), que buscou realizar análise de tendência em séries históricas de precipitação (total anual, média mensal, período chuvoso, período seco e estações do ano) geradas a partir de dados de precipitação correspondentes a 39 anos, por meio de teste estatísticos, dentre eles, a correlação linear. O autor observou pouca correlação linear entre as séries históricas de precipitação ao longo do tempo, dificultando a identificação da tendência de aumento ou diminuição da precipitação na bacia na qual estava instalada a estação pluviométricas. Os coeficientes de correlação linear obtidos pelo autor - 0,0034 a 0,2005, não puderam ser encarados como uma tendência de incremento de precipitação, dado que podem ser reflexo tão somente das flutuações naturais e comportamentos aleatórios inerentes a própria série histórica.

Neste estudo, a componente aleatoriedade das séries históricas pode ter contribuído nos resultados deficientes para algumas variáveis analisadas. Entretanto optou-se por estimar a série histórica de dados de precipitação na Bacia Experimental por meio da equação de regressão linear calculada, tendo em vista a boa aderência dos dados a este ajuste. A Figura 3 apresenta a série histórica de precipitação na região do posto pluviométrico e a série histórica estimada para Bacia Experimental a partir da equação e dos dados de chuva na Fazenda Belém.

**Figura 3 - Comparação das séries históricas de precipitação**



Fonte: o autor

Na análise da Figura 03, percebeu-se um comportamento convergente entre as séries históricas. A série estimada para Bacia Experimental apresentou valores de precipitação superiores a série histórica que a originou, este comportamento está de acordo com os dados de precipitação bacia apresentados no Quadro 01. Onde, de modo geral, choveu mais na Bacia Experimental do que na Fazenda Belém. A região destacada pelo retângulo tracejado se refere ao período da série histórica que não houve registro de dados de precipitação.

## 4 Conclusão

As precipitações registradas na Bacia Experimental e na Fazenda Belém apresentaram correlação linear satisfatória ( $r \cong 0,92$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2 \cong 0,84$ ) demonstrando a afinidade entre os dados de precipitação das estações no período de junho de 2015 a dezembro de 2017. A tendência de maiores precipitações na Bacia Experimental do que na Fazenda Belém foi observada na série estimada a partir da equação da reta calculada.

Os resultados para o erro padrão da estimativa e intervalo precisão foram desconfortáveis, indicando a necessidade da utilização de ferramentas estatísticas que não pressuponham uma distribuição normal para analisar os dados gerados a

partir da reta de correlação. Além disso, recomenda-se que a análise da correlação linear entre série de dados de chuvas mensais seja realizada de forma separada para os períodos secos e chuvosos, dessa forma minimiza-se os efeitos da variabilidade sazonal comum nas séries históricas.

## References

- ANA. **HIDROWEB - Sistema de Informações Hidrológicas**. 2018a. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/mapa\\_hidroweb.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/mapa_hidroweb.jsf). Acesso em: 5 jun. 2018.
- ANA, S. N. I. R. H. **GestorPCD / Listar Estações**. Site Institucional. 2018b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/gestorpcd/Estacoes.aspx>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- CARDOSO, C. O.; SOCCOL, O. J.; SAMPAIO, C. A. P. Chuva mensal provável com a distribuição gama para Lages, SC. **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, [s. l.], p. 5, 2009.
- CARVALHO, H. de P.; RUIZ, M. V. dos S. Avaliação da Consistência de Séries Históricas de Chuva da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em Minas Gerais. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [s. l.], v. 12, n. 6, 2016. Disponível em: [https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1480](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1480). Acesso em: 2 out. 2018.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2º ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.
- CPRM. **Rede Hidrometeorológica Nacional - RNH**. 2018. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Apresentacao/Rede-Hidrometeorologica-Nacional---RHN-304.html>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. Tradução Luciane Ferreira Pauleti Vianna. 4º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decenal na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 397–407, 2006.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.
- SANTOS, V. D. O. Identificação e análise de tendência em séries históricas de precipitação no município de Uberlândia, Minas Gerais. **XI Encontro Nacional da ANPEGE**, [s. l.], p. 11, 2015.
- SILVIA; SHIMAKURA. **Interpretação do coeficiente de correlação**. 2006. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Acesso em: 7 jun. 2018.
- STAUDT, M.; ESTEBAN-PARRA, M.-J.; CASTRO-DÍEZ, Y. Homogenization of long-term monthly Spanish temperature data. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 27, p. 1809–1823, 2007.
- TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4º ed. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 2015.



## ANEXOS

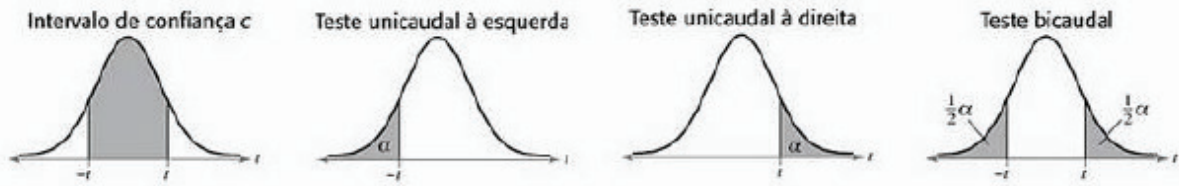
## Anexo A: Valores Críticos para o coeficiente de correlação de Pearson

Rejeite  $H_0: \rho = 0$  se o valor absoluto de  $r$  for maior que o valor dado na tabela.

$n$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	0,950	0,990
5	0,878	0,959
6	0,811	0,917
7	0,754	0,875
8	0,707	0,834
9	0,666	0,798
10	0,632	0,765
11	0,602	0,735
12	0,576	0,708
13	0,553	0,684
14	0,532	0,661
15	0,514	0,641
16	0,497	0,623
17	0,482	0,606
18	0,468	0,590
19	0,456	0,575
20	0,444	0,561
21	0,433	0,549
22	0,423	0,537
23	0,413	0,526
24	0,404	0,515
25	0,396	0,505
26	0,388	0,496
27	0,381	0,487
28	0,374	0,479
29	0,367	0,471
30	0,361	0,463
35	0,334	0,430
40	0,312	0,403
45	0,294	0,380
50	0,279	0,361
55	0,266	0,345
60	0,254	0,330
65	0,244	0,317
70	0,235	0,306
75	0,227	0,296
80	0,220	0,286
85	0,213	0,278
90	0,207	0,270
95	0,202	0,263
100	0,197	0,256

Fonte: Larson e Farber (2010)

Anexo B: Valores Críticos para distribuição t-student



g.l.	Nível de confiança, c						
	Unicaudal, $\alpha$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
	Bicaudal, $\alpha$	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1		1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2		0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3		0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4		0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5		0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6		0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7		0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8		0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9		0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10		0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11		0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12		0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13		0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14		0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15		0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16		0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17		0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18		0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19		0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20		0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21		0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22		0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23		0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24		0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25		0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26		0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27		0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28		0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29		0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
$\infty$		0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fonte: Larson e Farber (2010)