



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS - CMPF
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

VICTOR VINÍCIUS RÊGO MIRANDA

DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NA
CIDADE DE PAU DOS FERROS (RN)

PAU DOS FERROS – RN
2018

VICTOR VINÍCIUS RÊGO MIRANDA

**DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NA
CIDADE DE PAU DOS FERROS (RN)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos

**PAU DOS FERROS – RN
2018**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M672d Miranda, Victor Vinícius Rêgo.
DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE
PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE PAU DOS FERROS (RN) /
Victor Vinícius Rêgo Miranda. - 2018.
28 f. : il.

Orientador: Wesley Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

1. Volume precipitado. 2. Distribuição gama
incompleta. 3. Teste de aderência. I. Santos,
Wesley, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

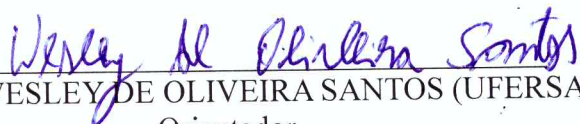
VICTOR VINÍCIUS RÊGO MIRANDA

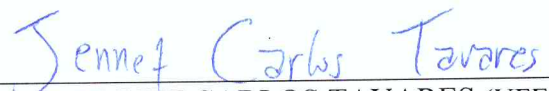
**DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NA
CIDADE DE PAU DOS FERROS (RN)**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Pau dos Ferros, 19 de abril de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS (UFERSA)
Orientador


Prof. Bel. JENNEF CARLOS TAVARES (UFERSA)
1º Membro


Profª Drª. ELAÍNE WELK LOPES PEREIRA NUNES (UFERSA)
2º Membro

RESUMO

. A precipitação é um elemento meteorológico e prever a sua probabilidade de ocorrência é de suma importância para o semiárido nordestino brasileiro. Este trabalho apresenta a variação anual e mensal da precipitação durante os anos de 1988 a 2017 da cidade de Pau dos Ferros/RN, totalizando 30 anos. E esses dados foram disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Dessa forma, determinaram-se as precipitações para diferentes níveis de probabilidade de ocorrência com o auxílio do modelo probabilístico Gama incompleta, utilizando o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para verificar a adequação da distribuição Gama. Foi possível verificar que em 2008 ocorreu a maior precipitação anual com 1.235,00 mm e a menor de 212,60 mm ocorreu em 1993, no qual a precipitação média anual foi de 671,12 mm. O período de meses com maiores precipitações é entre Janeiro e Maio, apresentando valores superiores a 80 mm. Referente aos dias secos e chuvosos foi obtido, respectivamente, à média de 334,47 e 32 dias, sendo admissível destacar Março e Abril como os meses mais chuvosos.

Palavras-chave: Distribuição gama incompleta. Teste de aderência. Volume precipitado.

ABSTRACT

Precipitation is a meteorological element and predicting its probability of occurrence is of paramount importance for the Brazilian Northeastern semi-arid region. This work presents the annual and monthly variation of the precipitation during the years 1988 to 2017 of the city of Pau dos Ferros / RN, totaling 30 years. And these data were made available by the Agricultural Research Company of Rio Grande do Norte (EMPARN). Thus, the precipitations were determined for different levels of probability of occurrence with the aid of the incomplete Gamma probabilistic model, using the Kolmogorov-Smirnov adhesion test to verify the adequacy of the Gamma distribution. It was possible to verify that in 2008 occurred the highest annual precipitation with 1,235.00 mm and the lowest of 212,60 mm occurred in 1993, in which the average annual precipitation was 671.12 mm. The period of months with greater precipitations is between January and May, presenting values superior to 80 mm. Regarding dry and rainy days, it was obtained, respectively, the average of 334.47 and 32 days, being it possible to highlight March and April as the wettest months.

Keywords: Incomplete gamma distribution. Adhesion test. Volume precipitate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Precipitação ciclônica.....	12
Figura 2: Precipitação convectiva.	13
Figura 3: Precipitação orográfica.....	13
Figura 4: Pluviômetro.	14
Figura 5: Pluviógrafo.	14
Figura 6: Ciclo Hidrológico.	15
Figura 7: Localização do município de Pau dos Ferros.	16
Figura 8: Precipitações anuais.....	19
Figura 9: Precipitações médias mensais.....	20
Figura 10: Dias secos e chuvosos de 1988 a 2017.....	21
Figura 11: Dias secos e chuvosos dos meses.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de α , β e precipitação provável, para o município de Pau dos Ferros (RN).....	24
Tabela 2: Valores de $F_{\text{observado}}$, $F_{\text{teórica}}$ e ΔF	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo geral	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 HIDROLOGIA ESTATÍSTICA	12
2.2 PRECIPITAÇÃO	12
2.3 SISTEMAS QUE OCASIONAM CHUVAS SOBRE O NORDESTE.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 TESTE DE ADERÊNCIA	18
3.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A palavra água vem do grego *hydor* e segundo Collischonn e Tassi (2008) cobre cerca de 70% do globo terrestre, é um dos materiais mais utilizados no planeta, sendo suas aplicações as mais diversas, principalmente, na área da engenharia civil para a produção de argamassas, concretos, aditivos, entre outros. Sua falta traz diversos problemas à população que a consome, como por exemplo, desertificação, perda na produtividade de alimentos, doenças devido à falta de higiene, queda na produção de construções, entre outros.

Segundo Carvalho (2006) a precipitação é a água que incide sobre a superfície terrestre e é responsável pelo ciclo hidrológico, no qual mantém um constante transporte da água pela terra e beneficia os seres vivos que a consomem. Como a precipitação se trata de um elemento meteorológico, existem formas de prever a sua ocorrência e localização.

Nesse contexto é necessário um conhecimento a respeito da Hidrologia (ciência da água), de acordo com Paz (2004) a Hidrologia de um modo geral estuda a importância da água e suas propriedades, como também as formas de utilização, distribuição e circulação.

A cidade de Pau dos Ferros localizada no interior do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, está sofrendo com a seca, proveniente da falta de chuvas e consumo exagerado da água por uma parte da população, logo houve a implementação de métodos para economizar a água, como por exemplo, conscientização da população, racionalização da água, rodízio do fornecimento de água, entre outros. Diante disso, é necessária uma previsão do futuro dessa água para a região, podendo-se adotar precauções para um melhor aproveitamento da coleta da água de chuvas, ou seja, a aplicação de estudos estatísticos, principalmente, utilizando-se a hidrologia estatística.

De acordo com Collischonn e Tassi (2008) a hidrologia estatística traz diversos métodos que mostram a probabilidade de ocorrência de chuvas, a estimativa de parâmetros hidrológicos, a frequência da ocorrência de certos eventos, dentre outros.

Dessa forma, a aplicação da hidrologia estatística será de extrema importância, já que o problema com a seca vem se agravando bastante nos últimos tempos, e com esse estudo será possível prever até quando esse problema irá continuar e tomar medidas ao seu respeito, podendo assim controlar e prever os efeitos conseqüentes da sua ausência e do seu excedente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a distribuição da precipitação mensal, anual e os níveis de probabilidade de ocorrência de chuvas para o município de Pau dos Ferros/RN.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar a variabilidade anual e mensal da precipitação;
- Quantificar o número de dias secos e chuvosos;
- Verificar a aderência da distribuição de probabilidade Gama aos dados de precipitação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HIDROLOGIA ESTATÍSTICA

Conforme Collischonn e Tassi (2008) a água é uma das substâncias a qual todas as formas de vida necessitam para sobreviver e se destaca por poder ser encontrada naturalmente em seus três estados físicos: líquido, sólido e gasoso. Na astronomia ela é utilizada principalmente como indicação para existência de vida nos outros planetas.

Segundo Naghettini e Pinto (2007) a água é um dos materiais mais preciosos para a humanidade, no qual vem sendo bastante discutida nos últimos anos com relação à escassez e aos eventos extremos de seca e inundações, esses fenômenos trazem consequências ao desenvolvimento das nações, gerando conflitos e queda na qualidade de vida da população, dessa forma, há uma preocupação com relação à gestão e a utilização da água.

De acordo com Collischonn e Tassi (2008) a hidrologia é uma ciência que estuda a água nos seus demais estados, distribuições, movimentos, entre outros, no qual utiliza conhecimentos da hidráulica, física e estatística como suporte. Também apresenta relações com outras áreas como, por exemplo, agronomia, meteorologia, ecologia, etc. Quando falamos de hidrologia na área da engenharia civil, é possível citar as suas diversas construções que necessitam dessa ciência, como, por exemplo, canais, diques, barragens, pontes e assim por diante.

Conforme Collischonn e Tassi (2008) quando há a necessidade de se obter a vazão de um rio ou a precipitação de uma dada região no qual variam com o tempo, é preciso usar os dados estatísticos para definir o comportamento da água, dessa forma, tem-se a hidrologia estatística que fornece diversas ferramentas para a obtenção de resultados a respeito dessa conduta.

2.2 PRECIPITAÇÃO

Segundo Collischonn e Tassi (2008) a água que cai sobre a superfície nas suas demais formas, chuva, granizo, neve, neblina, entre outros, é intitulada de precipitação, sendo este um dos elementos meteorológicos mais importantes para a engenharia, pois há diversos usos para ela, como, por exemplo, armazenamento, transporte, entre outros.

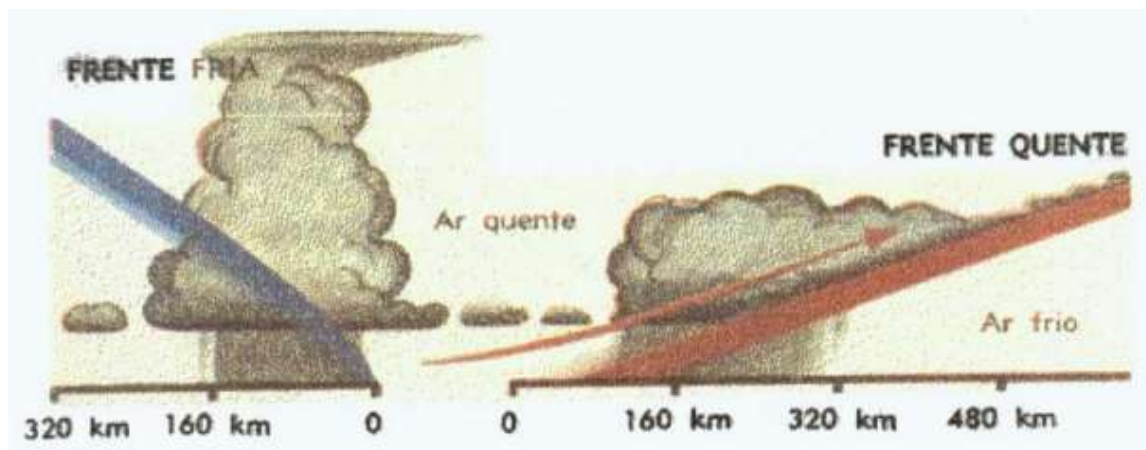
De acordo com Dias et al. (2007) a atmosfera é uma camada que envolve a terra e é formada por gases, radiação e materiais particulados chamados de aerossóis. É responsável

pela proteção contra a radiação ultravioleta através de processos físicos e químicos, contém os gases responsáveis pela vida na terra, dentre os gases predominantes tem-se o nitrogênio com 78% e o oxigênio com 21%, também possui altitude variável.

Segundo Carvalho (2006) a precipitação é originada do vapor de água presente na atmosfera e pode ser caracterizada em 3 tipos: precipitação ciclônica, convectiva e orográfica.

A precipitação ciclônica apresenta grande duração e baixa intensidade, sendo subdividida em frontal e não frontal, a frontal é o mais comum e ocorre devido ao encontro de massas de ar, no qual se tem a substituição do ar quente por frio e vice-versa, já a não frontal ocorre quando há uma baixa na pressão. A Figura 1 apresenta como ocorre a precipitação ciclônica.

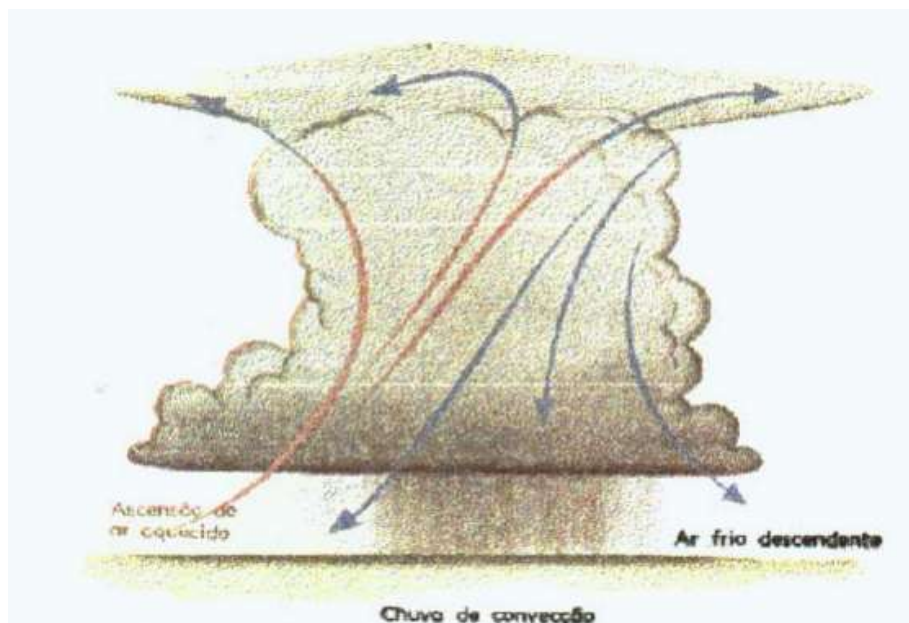
Figura 1: Precipitação ciclônica.



FONTE: Adaptado de CARVALHO (2006).

A precipitação convectiva ocorre devido ao aquecimento diferenciado da superfície terrestre (influência do relevo), possui baixa duração e alta intensidade, sendo muito comum em regiões tropicais. A Figura 2 apresenta como ocorre a precipitação convectiva.

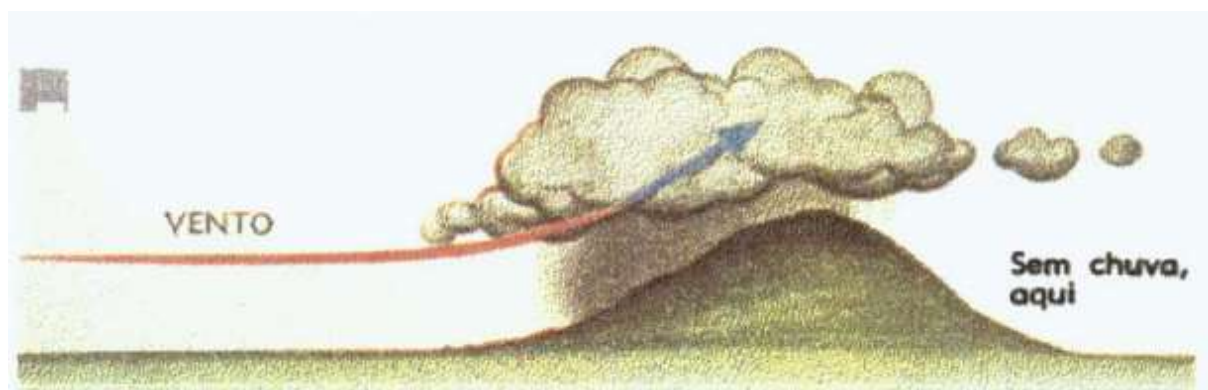
Figura 2: Precipitação convectiva.



FONTE: Adaptado de CARVALHO (2006).

A precipitação orográfica ocorre em regiões serranas e montanhas, no qual apenas um lado da região ocorre chuva devido à elevação de correntes de ar úmido em um lado da serra ou montanha, possui intensidade e duração variável. Na Figura 3 verifica-se como ocorre a precipitação orográfica.

Figura 3: Precipitação orográfica.



FONTE: Adaptado de CARVALHO (2006).

Conforme Carvalho (2006) a medição da precipitação se dá através de aparelhos como o pluviômetro e o pluviógrafo que ficam localizados em pontos estratégicos e registram a altura pluviométrica (em *mm*) de determinada região para obter a intensidade de precipitação que é a razão entre a altura pluviométrica e o tempo de duração da chuva (dada em *mm/h* ou

mm/min). As Figuras 4 e 5 apresentam respectivamente um modelo de pluviômetro e de pluviógrafo.

Figura 4: Pluviômetro.



FONTE: Adaptado de CARVALHO (2006).

Figura 5: Pluviógrafo.

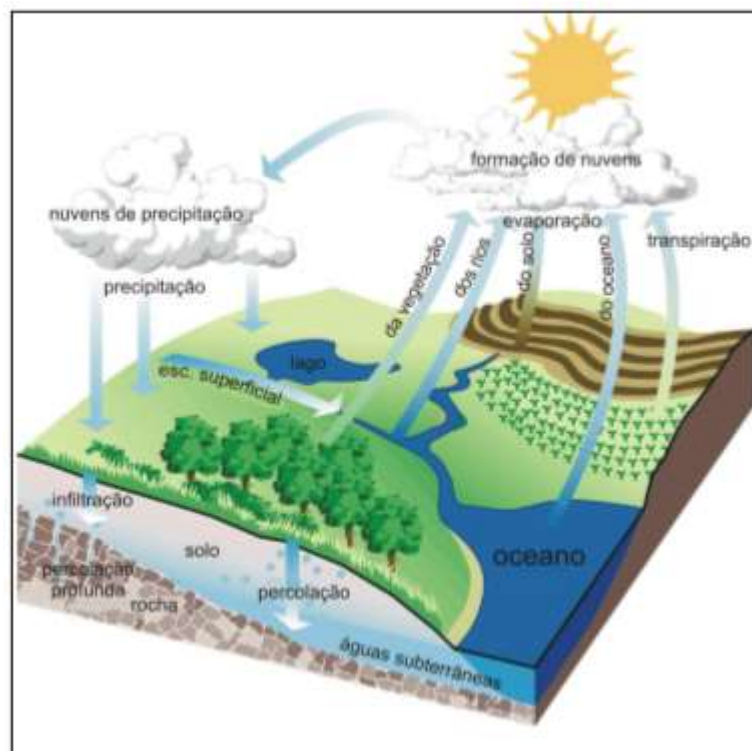


FONTE: Adaptado de CARVALHO (2006).

2.3 SISTEMAS QUE OCASIONAM CHUVAS SOBRE O NORDESTE

Segundo Paz (2004) o ciclo hidrológico é caracterizado pelo constante movimento da água, possuindo como principal fonte de energia o sol que emite radiação e a terra que é responsável pela movimentação da água através da gravidade. A Figura 6 apresenta como funciona um ciclo hidrológico.

Figura 6: Ciclo Hidrológico.



FONTE: Adaptado de PAZ (2004).

Dentre os eventos que ocorrem durante o ciclo hidrológico temos: evaporação do oceano, formação de vapor d'água, precipitação, escoamento, transpiração, entre outros.

De acordo com Ferreira e Mello (2005) o clima de qualquer região é decretado principalmente pela circulação da atmosfera, ou seja, aquecimento diferencial do globo por radiação solar, topografia da região e distribuição assimétrica dos oceanos e continentes. Dessa forma a região Nordeste apresenta um clima semiárido já que possui elevadas temperaturas durante o ano.

Segundo Ferreira e Mello (2005) o principal sistema que fornece chuvas ao Nordeste é o afastamento e dissipação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no qual é caracterizada por uma ampla massa de nuvens que envolvem a faixa equatorial do globo terrestre, sua formação se dá pelo encontro dos ventos alísios provenientes do hemisfério norte com os ventos alísios derivados do hemisfério sul, ou seja, o choque desses ventos gera a ascensão do ar quente e úmido, consequentemente, gerando nuvens. Esse sistema se apresenta mais relevante sobre os oceanos, no qual se tem como fator determinante a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) que irá caracterizar sua posição e intensidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A região a ser estudada é o município de Pau dos Ferros (RN), situado na região Nordeste do Brasil, possuindo 27.745 habitantes (IBGE, 2010) com estimativa de 30.452 para o ano de 2017. O clima da região é do tipo BSw^h, no qual segundo a classificação climática de Köppen representa um clima muito quente e semiárido. Sua temperatura média é de 28 °C com vento SE a 6 km/h e umidade de 72%, situando-se a 6°10'91,31'' de latitude sul e 38°19'88,04'' de longitude oeste (GOOGLE MAP, 2018). A Figura 7 apresenta a localização da cidade de Pau dos Ferros.

Figura 7: Localização do município de Pau dos Ferros.



FONTE: Disponível em <https://goo.gl/KWyr2c>.

Os dados de precipitação diária foram fornecidos pelo posto pluviométrico da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 1980), localizado no centro da cidade, mais especificamente na Rua 13 de Maio (latitude de 6°6'32,33'' S e longitude 38°12'22,93'' O, e altitude de 194 metros).

Os dados de precipitação foram tabulados em planilhas do software Excel no período de 1988 a 2017. A determinação de diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizada usando o modelo probabilístico de Gama incompleta feito por Thom (1958), conforme a Equação 1.

$$\Gamma(\alpha + 1) = \sqrt{2\pi\alpha} \cdot \alpha^\alpha \cdot e^\alpha \cdot \left(1 + \frac{1}{12\alpha} + \frac{1}{288\alpha^2} + \frac{139}{51840\alpha^3}\right) \quad (1)$$

Como complemento tem-se o método dos momentos, no qual foi usado para estimação dos parâmetros necessários, de acordo com a Equação 2.

$$\alpha = \frac{\bar{X}^2}{S^2} \quad e \quad \beta = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (2)$$

Onde $\bar{X}$ é a precipitação média do período dado em *mm*, S^2 é a variância dado em *mm*².

3.1 TESTE DE ADERÊNCIA

Há vários testes de aderência utilizados para verificar se uma distribuição teórica de probabilidade se ajusta de forma correta ou não aos dados amostrais, tais como Anderson-Darling, Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Dentre esses testes de aderência citados, será utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de probabilidade, conforme a Equação 3.

$$D_{máx} = máx|F'(X) - F(X)| \quad (3)$$

Onde $D_{máx}$ é o valor da estatística-teste que representa a diferença máxima absoluta entre a distribuição teórica de um modelo assumido e a função distribuição empírica, $F'(X)$ é a distribuição de probabilidade teórica e $F(X)$ é a distribuição de probabilidade empírica (observada). A equação do $F'(X)$ é dada por:

$$F'(X) = \frac{n}{m + 1} \quad (4)$$

Onde n é a ordem e m corresponde a última ordem.

3.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE

Segundo Naghettini e Pinto (2007) um modelo de distribuição de probabilidade é um método matemático especulativo, no qual possui qualidades de variabilidade, sendo capaz de apresentar os mais diversos resultados de um elemento inconstante.

Dentre os estudos realizados com distribuição de probabilidade tem-se a predominância de pesquisas na área da hidrologia, abordando a distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas em determinada região.

A determinação dos distintos níveis de probabilidade de precipitação é realizada através do modelo criado por Thom (1958), no qual é denominado de modelo probabilístico de distribuição Gama incompleta e a sua função densidade de probabilidade é dada pela Equação 5.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot (x^{\alpha-1}) \cdot e^{-x/\beta} \quad (5)$$

Onde α é o parâmetro de forma com unidade adimensional, β é o parâmetro de escala dado em mm , e é à base do logaritmo neperiano, x é o total de precipitação dado em mm , Γ é o símbolo Gama e é dado pela Equação 1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos dados de precipitação analisados, foi possível verificar uma grande variabilidade da precipitação entre os anos observados (1988-2017), no qual foi obtido um desvio-padrão anual de 277,68 mm. A precipitação mínima foi de 212,60 mm e aconteceu no ano de 1993, já a máxima foi de 1.235,00 mm ocorrendo em 2008. A média anual obtida durante os 30 anos foi de 671,12 mm.

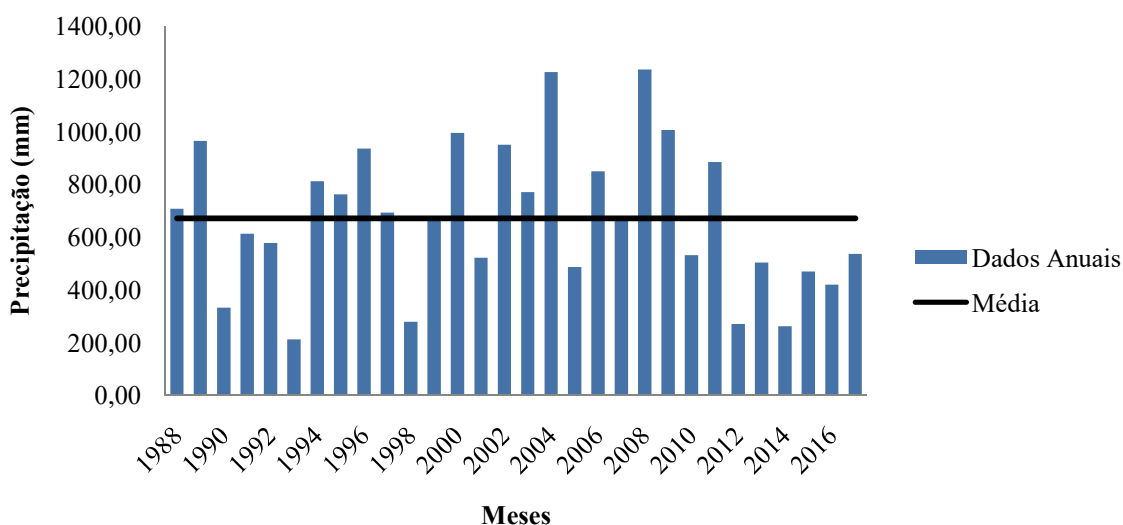
No estudo feito em Ipanguaçu (RN) por Costa (2008), foi obtida mínima precipitação anual de 27,80 mm no ano de 1978 e máxima de 375,60 mm em 1973, com média de 201,60 mm, sendo esses valores menores que os apresentados nesse trabalho.

Na pesquisa realizada por Barreto et al. (2013) em Mossoró (RN), a precipitação mínima anual foi de 144,20 mm no ano de 1993 e a máxima de 2.065,70 mm em 1985, no qual a mínima foi menor que o encontrado nesta pesquisa e a máxima foi superada.

No trabalho feito por Sobrinho et al. (2011) no município de Mossoró (RN), teve-se uma precipitação mínima anual de 146 mm no ano de 1900 e máxima de 1.933,60 mm em 1985, com média de 685,30 mm, sendo o valor mínimo menor que o encontrado nessa pesquisa e o máximo e a média ultrapassados.

Foi possível observar que 46,67% dos dados anuais ultrapassaram a média (14 anos) e 53,33% ficaram abaixo da média (16 anos). A Figura 8 apresenta a precipitação para os anos avaliados em intervalos de 2 anos.

Figura 8: Precipitações anuais.

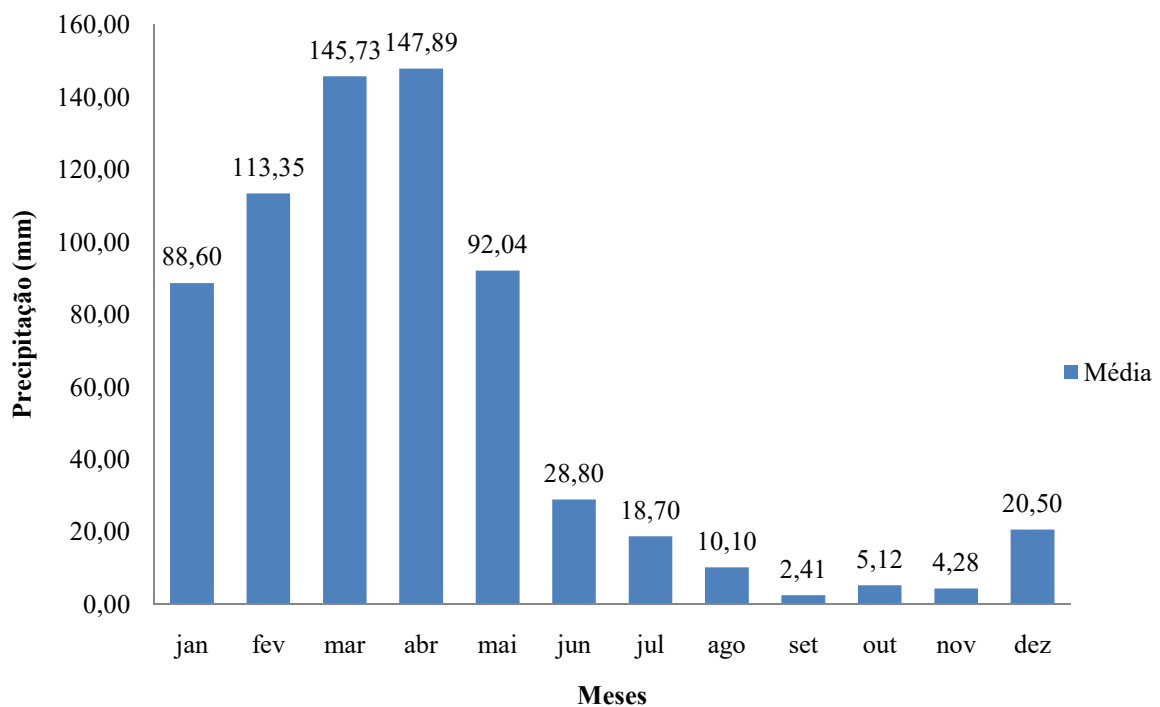


FONTE: Autor (2018).

A Figura 9 apresenta as médias mensais do período de 1988 a 2017, com esses dados foi possível obter uma média mensal por ano de 56,46 mm e um desvio-padrão de 57,03 mm, no qual a precipitação média mensal mínima foi de 2,41 mm no mês de Setembro, já a máxima foi de 147,89 mm no mês de Abril. É possível destacar o período com as menores precipitações entre os meses de Junho a Dezembro, já o período com maiores precipitações indo de Janeiro a Maio.

Segundo o estudo realizado em Mossoró (RN) por Sobrinho et al. (2011), a precipitação média mensal mínima foi de 1,9 mm no mês de Outubro e a máxima de 167,9 mm em Março, no qual o valor mínimo ficou abaixo do apresentado nessa pesquisa e o máximo foi superado.

Figura 9: Precipitações médias mensais.



FONTE: Autor (2018).

É possível verificar que 41,67% dos dados ultrapassaram a precipitação média mensal por ano, no qual corresponde a 5 meses, já 58,33% não ultrapassou essa média o que corresponde a 7 meses.

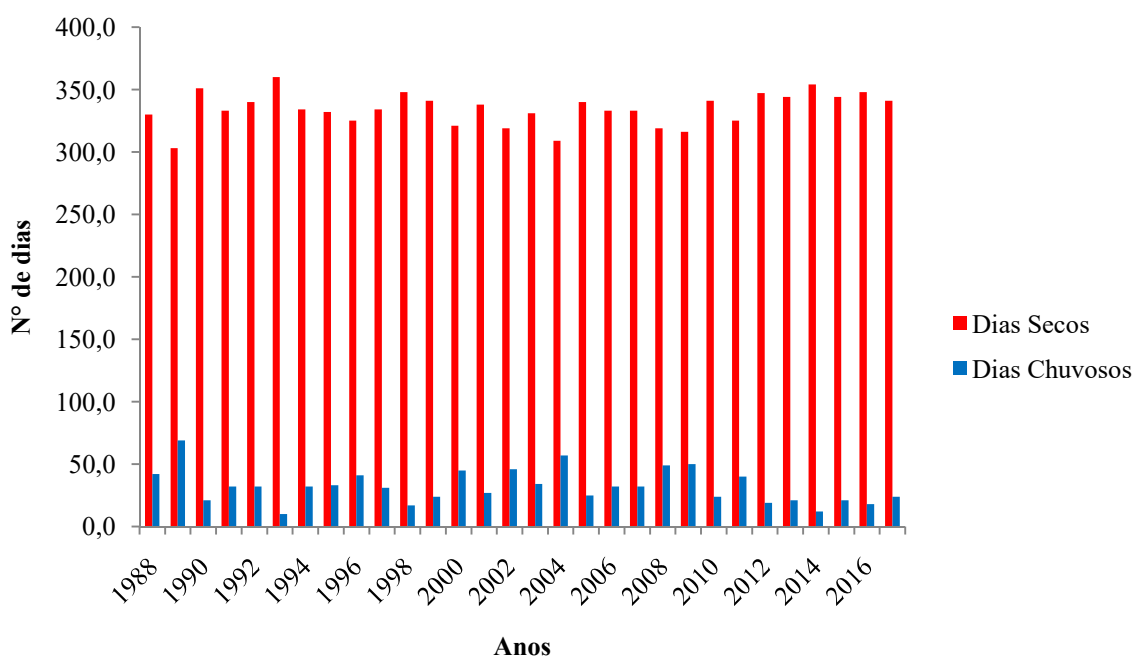
De acordo com Sans et al. (2001) quando é necessário avaliar se um dia é seco ou chuvoso, faz-se necessário saber a sua precipitação, caso essa precipitação seja menor ou

igual a 5 pode-se considerar o dia como seco, já se for maior do que 5 é possível considerar como chuvoso.

O ano de 1993 possui a maior quantidade de dias secos, possuindo 360 dias sem chuva, como consequência foi o ano com menor precipitação anual. Já o ano com menores dias secos e consequentemente o mais chuvoso foi 1989 com 69 dias chuvosos, mas não foi o com maior precipitação, pois apresentou 964,20 mm.

Pode-se destacar que Pau dos Ferros sofre bastante com a seca já que a média de dias secos por ano foi de 334,47 e chuvosos de 32,00. É possível averiguar que 46,67% dos anos tiveram dias secos maiores do que a média (14 anos) e 53,33% com dias secos menores que a média (16 anos). A Figura 10 apresenta a quantidade de dias secos e chuvosos durante os anos do período avaliado.

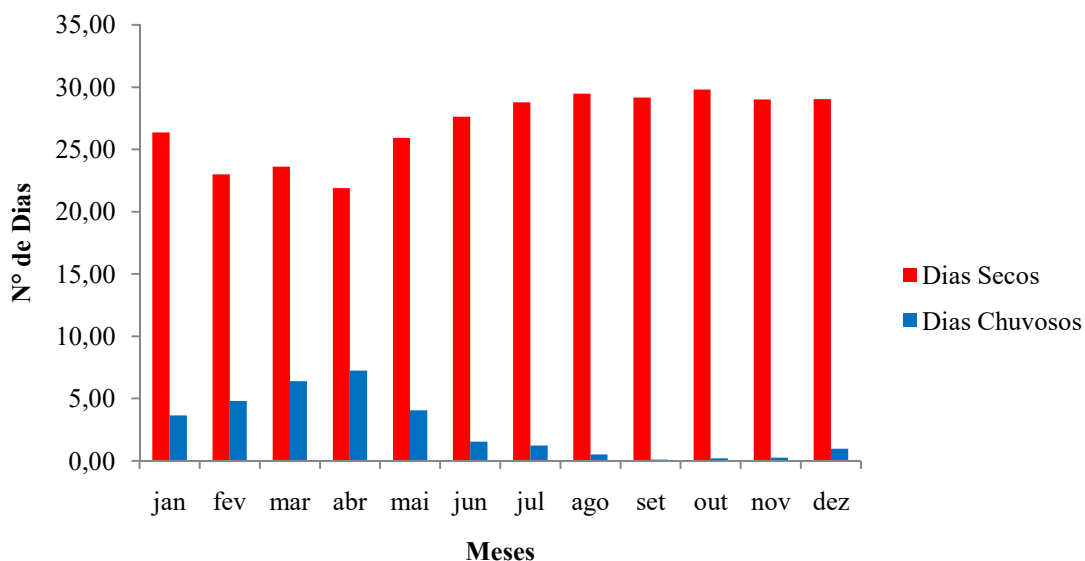
Figura 10: Dias secos e chuvosos de 1988 a 2017.



FONTE: Autor (2018).

A média mensal de dias secos foi de 26,97 e de dias chuvosos 2,58. O mês com maior quantidade média de dias secos é Outubro, no qual possui 29,81, já o mês com maior quantidade média de dias chuvosos é Abril que apresenta 7,26. Tem-se que 58,33% dos meses superaram a média mensal dos dias secos, no qual corresponde a 7 meses e 41,67% não superaram, ou seja, 5 meses. A Figura 11 apresenta a quantidade de dias secos e chuvosos durante os meses do período avaliado.

Figura 11: Dias secos e chuvosos dos meses.



FONTE: Autor (2018).

Para o cálculo dos parâmetros alfa e beta foi utilizado o método dos momentos, no qual foram obtidos diferentes valores para os 12 meses e um único valor de alfa e beta para os 30 anos avaliados.

Para o alfa teve-se uma variação de 0,08 a 3,31 para os meses, já o beta foi de 16,36 a 97,90. O alfa anual encontrado foi 5,84 e o beta 114,89. De acordo com Pizzato (2012) os valores de alfa e beta não podem ultrapassar o valor de 100, pois constata que o modelo de distribuição Gama não pode ser utilizado. Os valores de alfa estão dentro da condição ao qual eles devem ser inferiores a 100, como também os valores de beta mensal, já o beta anual não foi atendido.

Dentre esses resultados o menor alfa corresponde ao mês de Outubro (maior média de dias secos), é possível observar que o alfa é menor nos meses com menores dias chuvosos médios. O maior alfa corresponde ao mês de Março (segunda maior precipitação média mensal, 145,73 mm), sendo também possível averiguar que o alfa é maior nos meses com maior precipitação, ou seja, meses com maior quantidade de dias chuvosos médios. Já para o beta, tem-se que o maior valor corresponde ao mês de Janeiro e o menor foi para o mês de Setembro.

A Tabela 1 apresenta os níveis de probabilidade e suas precipitações correspondentes a cada mês, além de também apresentar os parâmetros necessários para o seu cálculo.

Tabela 1: Valores de α , β e precipitação provável, para o município de Pau dos Ferros (RN).

Mês	Média	S	α	β	Níveis de probabilidade						
					90%	75%	60%	50%	40%	25%	10%
Jan	88,60	93,14	0,91	97,90	7,7	22,9	42,5	58,9	79,3	122,8	209,1
Fev	113,35	83,77	1,83	61,91	27,6	51,9	75,9	93,5	113,7	153,5	225,1
Mar	145,73	80,05	3,31	43,97	57,1	87,0	113,2	131,4	151,4	189,0	253,1
Abr	147,89	97,11	2,32	63,76	44,8	76,5	106,1	127,3	151,1	197,1	277,9
Mai	92,04	67,81	1,84	49,96	22,6	42,3	61,7	76,0	92,4	124,6	182,5
Jun	28,80	27,31	1,11	25,90	3,7	9,2	15,6	20,8	27,0	39,9	64,6
Jul	18,70	19,84	0,89	21,05	1,6	4,7	8,9	12,3	16,6	25,9	44,3
Ago	10,10	23,33	0,19	53,90	0,0	0,0	0,3	0,9	2,4	8,5	30,5
Set	2,41	6,28	0,15	16,36	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,6	7,1
Out	5,12	17,72	0,08	61,29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	12,5
Nov	4,28	8,78	0,24	18,00	0,0	0,0	0,3	0,7	1,5	4,3	12,9
Dez	20,50	36,90	0,31	66,43	0,0	0,5	2,5	5,2	9,9	23,7	60,3

FONTE: Autor (2018).

É possível observar que os meses com maiores precipitações, Março e Abril, ultrapassaram as suas médias correspondentes com 40% de probabilidade de ocorrência, no entanto o mês de Setembro é o mais crítico, pois apresentou precipitações inferiores a 10 mm nas probabilidades apresentadas. O mês de Março foi o único a apresentar com 90% de probabilidade precipitação acima de 50 mm.

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov, para sua utilização foi obtido um alfa mensal médio de 0,98 e um beta mensal médio de 57,61, atendendo a condição ao qual devem ser inferiores a 100.

Tabela 2: Valores de $F_{\text{observado}}$, $F_{\text{teórica}}$ e ΔF .

Ordem	Precipitação (mm)	$F_{\text{observado}}$	$F_{\text{teórica}}$	ΔF
1	2,41	0,07692308	0,04401716	0,03290592
2	4,28	0,15384615	0,07606291	0,07778325
3	5,12	0,23076923	0,0900789	0,14069033
4	10,10	0,30769231	0,16797288	0,13971943
5	18,70	0,38461538	0,28634607	0,09826932
6	20,50	0,46153846	0,3087551	0,15278336
7	28,80	0,53846154	0,40321814	0,1352434
8	88,60	0,61538462	0,79136676	0,17598215
9	92,04	0,69230769	0,80355053	0,11124284
10	113,35	0,76923077	0,86468908	0,09545831
11	145,73	0,84615385	0,92315952	0,07700567
12	147,89	0,92307692	0,92600383	0,00292691

FONTE: Autor (2018).

O $F_{\text{observado}}$ corresponde à probabilidade de excedência, no qual o último valor da coluna sempre irá corresponder à maior probabilidade, o $F_{\text{teórica}}$ é a probabilidade de não excedência, sendo o seu maior valor correspondente a maior precipitação. A diferença máxima foi de aproximadamente 0,18 e para um nível de significância de 5% foi obtido o valor tabelado igual a 0,38. Então é possível concluir que gama é adequado aos dados usados, pois a diferença máxima é menor que o tabelado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição de chuvas na cidade de Pau dos Ferros foi bastante variável no decorrer dos anos, no qual a precipitação anual mínima foi de 212,60 mm no ano de 1993 e a máxima de 1.235,00 mm em 2008, apresentando média igual a 671,12 mm.

Para os dados mensais, observou-se que o mês com maior precipitação é Abril com 147,89 mm, muito próximo a ele tem Março com 145,73 mm, já para o mês com menor precipitação teve-se Setembro com 2,41 mm.

Dentre os anos analisados concluiu-se que em grande parte do ano predomina-se período seco, sendo o período mais chuvoso de Janeiro a Maio e o período mais seco de Junho a Dezembro. O Ano com dias mais secos foi 1993 com 360 dias secos, já o mais chuvoso foi 1989 apresentando 69 dias chuvosos.

Nenhum mês ultrapassou 100 mm de precipitação com 90% de probabilidade de ocorrência, mas pode-se destacar Março com 57,1 mm. Com 40% de probabilidade os meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio ultrapassaram suas médias mensais. Também é capaz de concluir que o modelo probabilístico de Gama incompleta se adequou aos dados.

Este trabalho explanou os dados de precipitação para a cidade de Pau dos Ferros, apresentando o comportamento das chuvas ao longo dos meses e anos, como também proporcionando um conhecimento a respeito de quais períodos do ano haverá mais e menos chuvas, além de prever estatisticamente através do modelo probabilístico apresentado a probabilidade de ocorrência de determinadas precipitações. Os resultados encontrados poderão ser utilizados na área da engenharia civil, contribuindo para uma programação econômica do uso da água, como também na cultura agrícola, já que a água é uma das fontes principais para o cultivo de plantas, logo contribuirá em seu planejamento garantindo uma melhor eficiência em sua produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, H. B. F. et al. **Análise da precipitação máxima e relação intensidade-duração-freqüência para Mossoró-RN**. Rio Grande do Norte: Editora da UFERSA, 2013.
- CARVALHO, F. D.; SILVA, B. D. L. **Hidrologia: Precipitação**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Departamento de Hidráulica e Saneamento. Agosto, 2006.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acesso em: abr. 2018.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. 5. ed. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2008.
- COSTA, J. R. S.; SILVA, F. M.; **ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE IPANGUAÇU/RN POR IMAGENS DE SATÉLITE E DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL**. Rio Grande do Norte: Editora da UFRN, 2008.
- DIAS, A. A. C. et al. **A ATMOSFERA TERRESTRE: COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA**. Bahia: Editora da Fundação José Carvalho, 2007.
- EMPARN. **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte**. 1980. Disponível em: < <http://www.emparn.rn.gov.br/>>. Acesso em: fev. 2018.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S. **PRINCIPAIS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES SOBRE A REGIÃO NORDESTE DO BRASIL E A INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NO CLIMA DA REGIÃO**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, n. 1, 2005.
- GOOGLE. **Google Earth**. 2018. Pau dos Ferros. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/@-6.1190247,-38.2058153,15z>>. Acesso em: abr. 2018.
- MOREIRA, P. S. P. et al. **DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE NOVA MARINGÁ-MT**. Mato Grosso: Editora da UNEMAT, 2010.
- NAGHETTINI, M.; PORTELA, M. M. **PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA APLICADAS À HIDROLOGIA**. Minas Gerais: Editora da UFMG, 2011.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CRPM, 2007.
- PAZ, A. R. da. **HIDROLOGIA APLICADA**. Rio Grande do Sul: Editora da UERGS, 2004.
- PIANA, C. F. de B. et al. **Estatística Básica**. Pelotas: Editora da UFPEL, 2009.
- PIZZATO, J. A. et al. **DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EM CÁCERES (MT)**. Mato Grosso: Editora da UNEMAT, 2012.

SANS, L. M. A. et al. **Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na Região Centro-Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 9, n. 3, 2001.

SOBRINHO, J. E. **CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ - RN. PERÍODO: 1900-2010.** Rio Grande do Norte: Editora da UFERSA, 2011.

TASSI, R.; COLLISCHONN, W. **Notas de Aula de Hidrologia.** Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS.

THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. **Monthly Weather Review.** Washington, v.8, p.117-122, 1958.