



PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS DE 1964 A 2015

Wesley de Oliveira Santos¹
José Espínola Sobrinho²
Manoel Januário da Silva Júnior³
Janaína Cortêz de Oliveira⁴

RESUMO

A variabilidade da precipitação pluvial afeta diretamente os setores sociais e econômicos de uma região. Considerando os problemas que essa variabilidade pode causar ao ambiente e a população, a realização desse trabalho tem como objetivo a caracterização pluviométrica do município de Pau dos Ferros, em escala anual, para uma série histórica de 52 anos (1964-2015). Os dados de precipitação pluvial diária utilizados foram obtidos através do banco de dados da EMPARN, os mesmos foram caracterizados mediante uso dos métodos estatísticos de distribuição de frequência, para obtenção dos principais momentos estatísticos centrais e de dispersão, e da técnica dos quantis, que permitiu classificar os anos analisados quanto a intensidade anual climatológica do regime de precipitação. O percentual de anos classificados como sendo muito secos coincidiu com o percentual de anos classificados como muito chuvosos, o que indica que a problemática de água existente na região não se deve apenas a irregularidade da ocorrência de chuvas, mas também à falta de planejamento adequado e de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos, combinados à propostas de convivência com a seca.

Palavras-chave: Variabilidade pluviométrica, Distribuição de frequência, Técnica dos Quantis.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior irregularidade espaço/temporal, ou seja, sua distribuição é variável tanto no espaço, de uma região para outra, quanto no tempo, podendo diferir bastante de um mês para outro ou de um ano para outro (ALMEIDA, 2003).

A variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial exerce influência direta sobre as atividades humanas. Considerando a ocorrência de eventos extremos, como a seca ou chuvas intensas e enchentes, essa variabilidade pode causar imensos impactos econômicos e sociais, pois afeta o setor agrícola, os recursos hídricos, a geração de energia, a saúde, o

¹ Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, wesley.santos@ufersa.edu.br;

² Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, jespino@ufersa.edu.br;

³ Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, mjanuario@ufersa.edu.br;

⁴ Professora Doutora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, janaina.cortez@ufersa.edu.br;



abastecimento de água à população e também aos animais, o ambiente, o planejamento urbano e todo o setor produtivo.

A região semiárida do Nordeste do Brasil recebe pouca influência das massas de ar úmidas e frias vindas do Sul. Logo, a ocorrência de eventos extremos é bastante frequente e atinge a população nordestina, dificultando as suas condições de saúde e sobrevivência. A irregular distribuição temporal das chuvas resulta em vários dias e/ou meses sem a presença de precipitação, o que torna a seca um evento bastante presente no cotidiano da população dessa região do país.

Nos últimos anos, a perspectiva de combate à seca vem se modificando. Antes, apenas lutava-se contra ela, atualmente, busca-se a convivência com ela, através de políticas públicas e práticas sustentáveis (PONTES; MACHADO, 2012).

Sendo que a determinação prévia da variação dos elementos meteorológicos ao longo do ano e do espaço, possibilita um melhor planejamento das mais diversas atividades antrópicas. Na agricultura, por exemplo, o conhecimento antecipado das condições locais de solo, radiação solar e precipitação pluvial, e sua variação ao longo de um ciclo de cultivo, são significativos para a obtenção de rendimentos satisfatórios (SILVA *et al.* 2007).

O município de Pau dos Ferros, localizado no estado do Rio Grande do Norte (RN), região Nordeste do Brasil (NEB), teve sua formação associada a uma economia voltada principalmente para as atividades de agropecuária, o que o torna economicamente dependente da ocorrência de chuvas. As oscilações de precipitação também podem afetar outras atividades e/ou setores deste município, que em anos de poucas chuvas e, conseqüentemente, falta de recursos econômicos, são tomados pela miséria e pela fome.

Levando-se em consideração a carência de estudos voltados à essa área, a realização deste trabalho objetiva realizar a caracterização pluviométrica do município de Pau dos Ferros, a fim de obter a variabilidade anual da precipitação pluvial deste município, podendo fornecer subsídios importantes ao planejamento de atividades relacionadas aos setores produtivos, mais precisamente em atividades como a agropecuária, a construção civil, o setor de transportes e o turismo. Além disso, a avaliação da ocorrência e da potencialidade das chuvas em Pau dos Ferros, pode auxiliar na elaboração de propostas de convivência com a seca, contribuindo, assim, para o aperfeiçoamento dos modelos de gestão ambiental no semiárido brasileiro.

METODOLOGIA



Pau dos Ferros é um município brasileiro localizado no interior do estado do RN, que está situado na microrregião homônima e mesorregião do Oeste Potiguar, a 392 quilômetros a oeste da capital do estado, Natal.

Principal cidade da região do Alto Oeste, ocupa uma área de aproximadamente 260 km², e sua população é de cerca de 27.745 habitantes, segundo o IBGE (2010), o que a torna também a cidade mais populosa de sua microrregião (Figura 1).

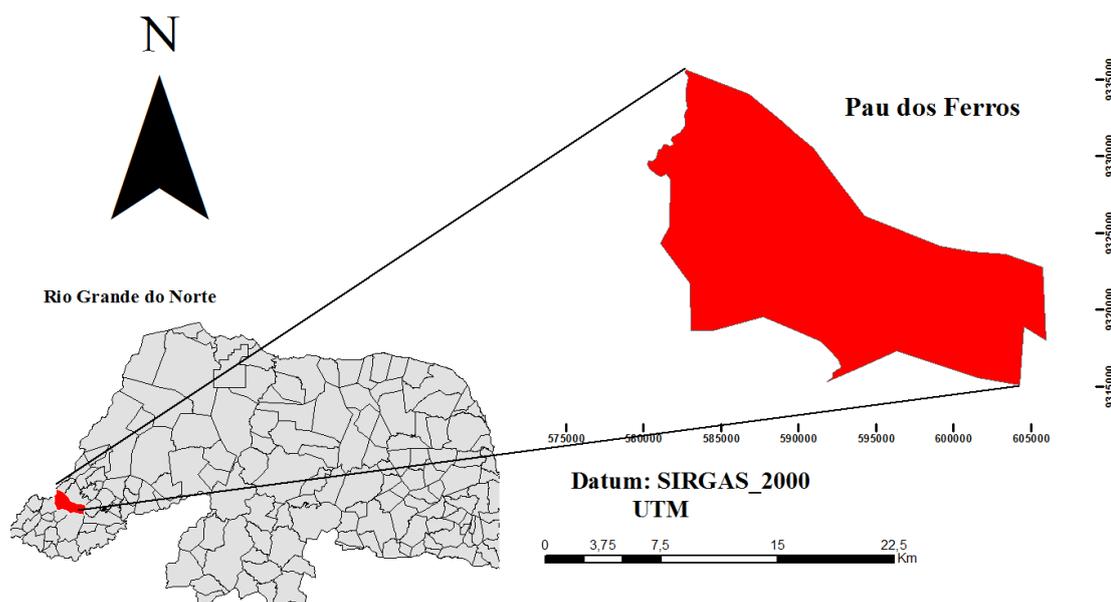


Figura 1: Localização do município de Pau dos Ferros - RN.

O clima de Pau dos Ferros é caracterizado como semiárido, com temperatura média anual de 26,7 °C e precipitação média de 827 mm anuais, concentrados entre os meses de fevereiro e maio, sendo março o mês de maior precipitação, podendo atingir cerca de 227 mm.

Os dados de precipitação pluvial diária do município de Pau dos Ferros, para uma série histórica de 52 anos (1964-2015), foram disponibilizados através do banco de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN. Em seguida, foram tabulados, em ordem crescente, por meio de planilhas do software Microsoft Excel, para a obtenção da distribuição de frequência e aplicação da técnica dos quantis a partir dos valores obtidos dos totais anuais para cada ano.

Os dados de precipitação anual foram submetidos à técnica dos quantis, que consiste em uma medida de separação para as distribuições da amostra. De acordo com Pinkayan (1966) e



Xavier (2001, 2004, 2007), um quantil de ordem p é um valor numérico que secciona a distribuição em duas partes permitindo separar uma amostra em duas massas de observações numéricas, com $100.p\%$ dos elementos localizados à esquerda do quantil “amostral” e os demais $100.(1-p)\%$, à direita.

Por meio dessa técnica, foram estabelecidas a classificação dos regimes de precipitação pluvial diferenciados, tais como: Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MC), além de ser uma técnica imune a qualquer assimetria na função densidade e probabilidade (SENA, *et al.* 2014).

Para um melhor entendimento da utilização da técnica estatística e a noção de quantis, supõe-se que a chuva em um determinado local, acumulada em certo intervalo de tempo (mês, bimestre, trimestre, semestre, ou o ano inteiro, etc.), com respeito à anos consecutivos, possa ser representada em termos por uma variável aleatória contínua (SENA, *et al.* 2014).

Essa variável aleatória significa que o valor da sua lâmina acumulada (mm) não poderá ser previsto com exatidão, pois na verdade será de natureza probabilística. Ou seja, pode-se atribuir uma probabilidade para que a lâmina da chuva fique compreendida entre dois limites arbitrariamente escolhidos. Desta forma, os totais de chuvas acumulada em cada mês de cada ano da série histórica são agrupados em uma única tabela e, em seguida, os valores são somados para obtenção do total pluviométrico acumulado durante cada ano. Depois os valores anuais são ordenados (do menor para o maior), e em seguida é aplicada a técnica estatística, estabelecendo-se os valores dos quantis (MONTEIRO, *et al.* 2012).

Para a realização deste estudo, os quantis utilizados referem-se as probabilidades de 0,15; 0,35; 0,50; 0,65 e 0,85; conforme a metodologia de Pinkayan (1966) e Xavier (2001, 2004, 2007), sendo que cada um deles refere-se a um regime de chuvas diferente, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos regimes de chuvas relacionados aos valores dos quantis.

Regimes de Chuva	Quantil
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$

Fonte: Monteiro, Rocha e Zanella (2011).



De acordo com Sena (2014), para calcular os quantis de qualquer série de dados de chuvas é necessário:

- 1 - Dispor das observações x_1, x_2, \dots, x_N , onde N é o número de observações, no caso deste trabalho, é o número de anos;
- 2 - Ordenar os dados: $y_1 < y_2 < \dots < y_j < \dots < y_N$, de forma crescente, onde y_j é a precipitação anual;
- 3 - Evidenciar qual o número de ordem j de cada elemento y_j da série assim ordenada;
- 4 - Para cada elemento y_j determinar a ordem quantílica p_j que lhe corresponde (equação 1),

$$p_j = \frac{j}{(N+1)} \quad (1)$$

Onde: P_j é a probabilidade quantílica da ordem quantílica atual;

- 5 - Finalmente, para calcular o quantil Q_p para uma ordem quantílica p qualquer, segue-se:
 - a) Se p coincidir com algum p_j já obtido, através da equação 2, tem-se:

$$Q_p = Q_{p_j} = y_j \quad (2)$$

- b) Se p não coincidir, haverá um índice j tal que $p_j < p < p_{j+1}$, onde, Q_p será obtido por interpolação, como segue na equação 3:

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} \cdot [y_{j+1} - y_j] \quad (3)$$

Onde: p = probabilidade do quantil; p_j = probabilidade quantílica da ordem quantílica atual; p_{j+1} = probabilidade da ordem quantílica posterior e y_{j+1} = precipitação da ordem quantílica posterior.

Os casos a) e b) podem ser englobados na mesma equação 3, supondo $p_j \leq p \leq p_{j+1}$; obviamente, quando $p = p_j$, a equação 3 reduz-se a $Q_p = y_j$. Logo, a equação 3 é a fórmula geral para os cálculos dos quantis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Na tabela 2, pode-se observar os intervalos de classes, as frequências simples, relativa e relativa acumulada, bem como o ponto médio de cada intervalo de classe.

Tabela 2: Distribuição de Frequência para as precipitações anuais do município de Pau dos Ferros, RN – (1964 a 2015).

Classes (mm)	Frequência simples (F_i)	\bar{X}_i	Frequência relativa ($F_i\%$)	Frequência relativa acumulada ($F_{ac_i}\%$)
212,60-397,26	6	304,93	11,54	11,54
397,26-581,91	7	489,59	13,46	25,00
581,91-766,57	15	674,24	28,85	53,85
766,57-951,23	12	858,90	23,08	76,93
951,23-1135,89	8	1043,56	15,38	92,31
1135,89-1320,54	3	1228,21	5,77	98,08
1320,54-1505,20	1	1412,87	1,92	100,00
TOTAL	52	-	100	-

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que a classe de precipitações que apresenta maior frequência é a terceira classe, que varia de 581,91 a 766,57 mm ao ano, sendo que esse evento se repetiu 15 vezes (anos) dentro do período de estudo considerado.

As frequências absoluta e absoluta acumulada dos intervalos de classes também podem ser verificadas nas Figuras 2 e 3.

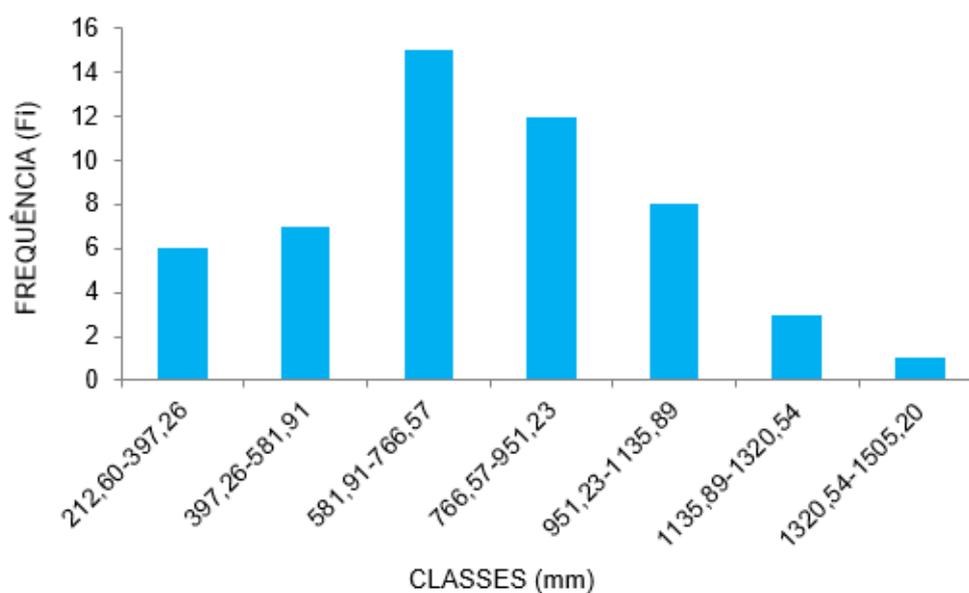


Figura 2: Frequência absoluta dos intervalos de classes de precipitações – Pau dos Ferros-RN (1964 a 2015).

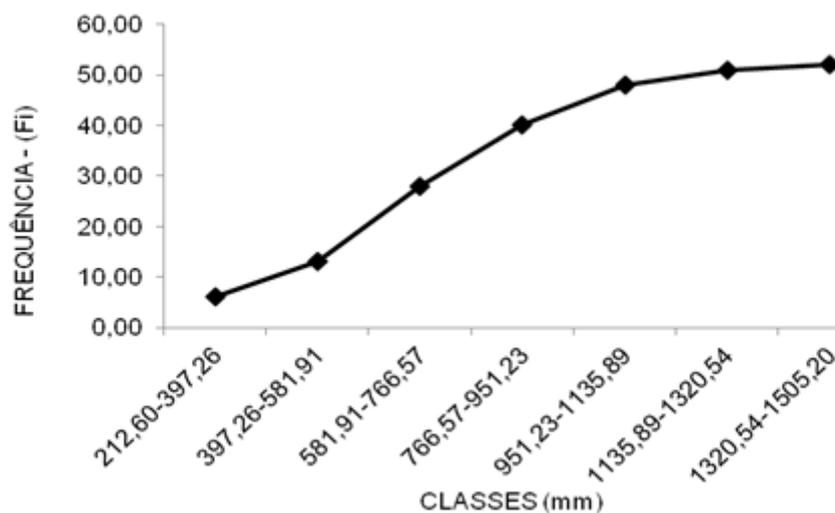


Figura 3: Frequência absoluta acumulada dos intervalos de classes de precipitações – Pau dos Ferros, RN (1964 a 2015).

A Tabela 3 a seguir, apresenta os valores obtidos pela análise estatística descritiva dos dados de precipitação anual de Pau dos Ferros.



Tabela 3: Resultados da análise estatística para os dados de precipitação de Pau dos Ferros-RN (1964 a 2015)

Média (mm)	752,37
Moda (mm)	716,21
Mediana (mm)	741,95
Valor Mínimo (mm)	212,60
Valor Máximo (mm)	1505,20
Variância (mm ²)	72311,93
Desvio Padrão (mm)	± 268,91
Coefficiente de Variação – CV (%)	35,74

De acordo com a Tabela 3, ao compararmos os valores de máxima (1505,20 mm) e mínima (212,60 mm) precipitações com o valor calculado para a média (752,37 mm), observamos que eles se distanciam bastante um do outro, o que é comum acontecer, conforme Almeida (2003), que com respeito a quantidade de chuva, poder variar muito de um ano para o outro, assim como também de uma localidade para outra.

Os dados apresentaram um desvio padrão de ± 268,91 mm e devido aos valores de precipitações anuais totais variarem consideravelmente de um ano para o outro, o coeficiente de variação (CV %) apresentou um valor elevado, de 35,74%, evidenciando a heterogeneidade dos dados de precipitação pertencentes no conjunto amostral em análise.

Percebe-se ainda que a moda, ou seja, o valor de precipitação que ocorreu com maior frequência foi de 716,21 mm, um valor que se encontra abaixo da média. Aplicada a técnica dos quantis, determinou-se os quantis para as precipitações anuais totais, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Dados de precipitação e seus respectivos quantis – Pau dos Ferros – RN (1964 a 2015).

Ano	Precipitação total anual (mm)	j (ordem)	$p_j = \frac{j}{(N+1)}$
1993	212,60	1	0,019
2012	271,00	3	0,057
1998	279,20	4	0,075
1990	332,90	5	0,094
1970	389,60	6	0,113
1983	453,90	7	0,132



2015	469,00	8	0,151
2005	486,20	9	0,170
2013	503,00	10	0,189
2001	521,20	11	0,208
2010	531,20	12	0,226
1992	577,50	13	0,245
1987	600,70	14	0,264
1991	612,40	15	0,283
1969	628,80	16	0,302
2007	665,40	17	0,321
1999	666,80	18	0,340
1984	682,00	20	0,377
1997	692,80	21	0,396
1980	699,60	22	0,415
1988	707,40	23	0,434
1976	709,50	24	0,453
1985	722,50	25	0,472
1966	740,00	26	0,491
1971	751,90	27	0,509
1995	762,10	28	0,528
2003	770,50	29	0,547
1979	795,40	30	0,566
1981	801,40	31	0,585

Precipitação total anual			$p_j = \frac{j}{(N+1)}$
Ano	(mm)	<i>j</i> (ordem)	
1965	846,80	33	0,623
2011	883,80	35	0,660
1986	894,20	36	0,679
1982	897,20	37	0,698
1978	933,00	38	0,717
1996	935,00	39	0,736
2002	949,60	40	0,755



1989	964,20	41	0,774
1972	983,30	42	0,792
2000	994,80	43	0,811
2009	1005,90	44	0,830
1967	1016,70	45	0,849
1964	1060,60	46	0,868
1975	1066,10	47	0,887
1973	1122,10	48	0,906
1977	1190,00	49	0,925
2008	1235,00	51	0,962
1974	1505,20	52	0,981

Fonte: Autora, (2016).

Logo após, foram obtidos os valores em milímetros (mm) para os quantis $Q(0,15)$, $Q(0,35)$, $Q(0,50)$, $Q(0,65)$ e $Q(0,85)$, sendo que os quantis de 15% e 85% representam as classes extremas, muito seco e muito chuvoso, respectivamente, conforme verifica-se na Tabela 5 e na Figura 4.

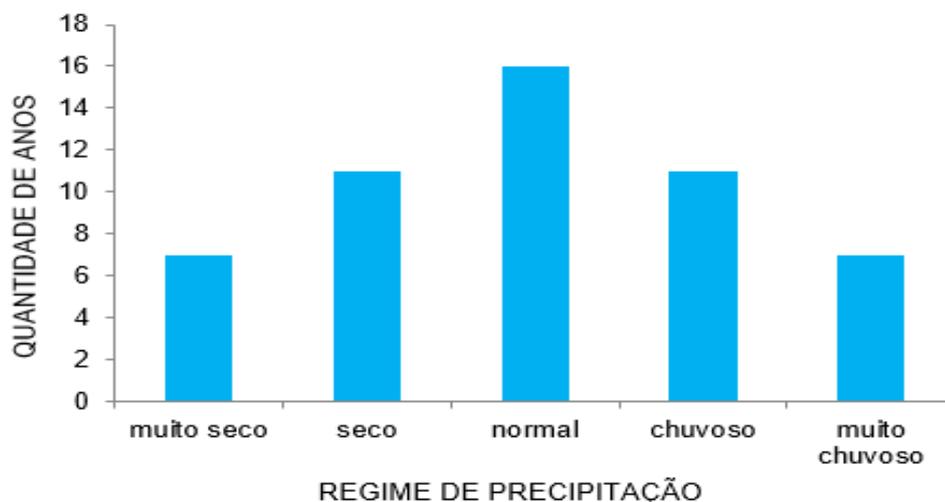
Tabela 5: Classificação dos quantis – Pau dos Ferros, RN (1964 a 2015)

REGIMES DE CHUVA	QUANTIL	PRECIPITAÇÃO (mm)
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$	$P \leq 468,25$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$	$468,25 < P \leq 667,19$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$	$667,19 < P < 851,01$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$	$851,01 \leq P < 1017,24$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$	$P \geq 1017,24$

Fonte: Autora, (2016).



Figura 4: Classificação do regime de precipitação anual de Pau dos Ferros – RN (1964 a 2015)



Pode-se observar que o gráfico apresenta uma distribuição normal praticamente perfeita, pois dentro do período de 52 anos estudados, 7 anos foram muito secos, o que corresponde a 13,5%; 11 anos foram secos, correspondendo a 21,1%; 16 anos foram normais, equivalendo a 30,8%; 11 anos foram chuvosos, 21,1% e 7 anos foram muito chuvosos, correspondendo a 13,5%, resultado que evidencia a predominância de anos com baixas precipitações.

Apesar de apresentar uma amostra consideravelmente maior, estes resultados se assemelham aos obtidos em outros trabalhos de metodologias semelhantes, conforme Monteiro, Rocha e Zanella (2012) e Barra (2015), os quais também apresentaram distribuição normal quase que perfeita para os dados de precipitações estudados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos métodos estatísticos de distribuição de frequência e a técnica dos quantis para a caracterização da precipitação pluvial do município de Pau dos, mostrou-se de grande importância teórica e metodológica, pois essa caracterização, poderá contribuir diretamente para o planejamento regional e urbano dessa localidade, assim como poderá servir de subsídio para futuros trabalhos e/ou projetos de pesquisa. No município estudado, observou-se a ocorrência de eventos extremos, ou seja, apesar de terem apresentado anos com precipitações anuais muito baixas, houveram também a ocorrência de precipitações anuais acima da média anual total calculada pelo método da distribuição de frequência e, de acordo com o resultado da técnica dos quantis, o percentual de anos classificados como sendo muito



secos coincidiu com o percentual de anos classificados como muito chuvosos, o que indica que a problemática de água existente na região não se deve apenas a irregularidade da ocorrência de chuvas, mas também à falta de planejamento adequado e de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos, combinados à propostas de convivência com a seca.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A. de. Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2003, **Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, 2003. pp. 835-837.

BARRA, B. B. M. **Caracterização da precipitação pluviométrica da microrregião de pau dos ferros – RN**. 2015. 45 f. TCC (graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 10 fev. 2016.

MONTEIRO, J.B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. 2012. **Técnica dos Quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980 – 2009)**: Baixo Curso do Apodi – Mossoró/RN. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 23. p. 232-249.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hidrology papers, n. 12).

PONTES, E. T. M.; MACHADO, T. A. **Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semi-Árido: o caso do programa um milhão de cisternas rurais no nordeste brasileiro**. Universidade Federal de Pernambuco. Ano: 2012.

SENA, J. P. Oliveira *et al.* **Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis**. Revista Brasileira de Geografia Física, vol. 07, n. 05, p. 871-879. 2014.

SILVA, J. C. da. **Análise da distribuição de chuva para Santa Maria, RS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 11, n. 1, p. 67-72. Campina Grande, 2007.

XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Papel da componente meridional do vento na costa do Nordeste para a previsão da chuva no Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11. 1997, Vitória, ES. **Anais [...]** Vitória, 2004. p. 537-543.

XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.