

IV-115 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO AO LONGO DE 67 ANOS

Rui César Rodrigues Bueno ⁽¹⁾

Graduado em Química Industrial pela Escola Superior de Química Osvaldo Cruz (1989) – São Paulo. Especialização em Saúde Pública pela FMRP – USP (1992) – Ribeirão Preto. Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP (2000) – São Paulo, MBA em Administração pela FUNDACE – USP – Ribeirão Preto, 2009. Gerente de Departamento de Gestão e Desenvolvimento Operacional – Unidade de Negócio Litoral Norte - SABESP.

Felipe Noboru Matsuda Kondo ⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade São Judas Tadeu (2011). Pós-graduado em Gestão Ambiental pela UFSCar. Cursando Pós-Graduação *Latu Sensu* em Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará. Engenheiro Civil na Unidade de Negócio Litoral Norte - SABESP.

Arthur Alexandre Neto ⁽³⁾

Tecnólogo Civil, Modalidade em Obras Hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC. Pós-Graduado *Latu Sensu* em Gestão de Negócios pela Universidade Cidade de São Paulo – UNICID. Cursando Pós-Graduação *Latu Sensu* em Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará. Analista de Gestão da Unidade de Negócio Litoral Norte - SABESP.

Rafael S. De Abreu ⁽⁴⁾

Graduado em Administração com habilitação em Sistema de Informação pela Faculdade São Sebastião (2007). Técnico em Informática pela Cetep. Técnico em Administração pelo Instituto Nacional de Educação a Distância - INED. Técnico em Logística pela Anhanguera Educacional Ltda. Controlador de Sistemas de Saneamento no Centro de Controle Operacional da Unidade de Negócio Litoral Norte – SABESP.

Fernanda Grossi ⁽⁵⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela UNICAMP (2008). Pós-graduada *Latu Sensu* em MBA Negócios da Sustentabilidade: Ambiente, Cultura e Turismo pela UNISANTOS (2012). Cursando Engenharia Ambiental pela Universidade Cruzeiro do Sul. Tecnóloga na ARCADIS.

Endereço⁽¹⁾: Estrada do Rio Claro, 420 - Porto Novo - Caraguatatuba - CEP: 11.670-401 - Brasil - Tel.: (12) 3885-2011 - e-mail: rcbueno@sabesp.com.br

RESUMO

O Litoral Norte de São Paulo é composto de quatro municípios: Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba. O relevo da região apresenta profundos declives permeados de vales e rios recobertos pela floresta tropical úmida, a Mata Atlântica. Tal situação ocorre devido à proximidade entre a Serra do Mar e o litoral, característica que condensa a umidade e incentiva a formação da chuva, propiciando a umidade ideal para esse tipo de formação vegetal. A característica supracitada aumenta a precipitação de chuvas, que ocorrem preferencialmente no verão – entre 700 mm e 1000 mm – e na primavera – entre 500 mm e 700 mm.

O trabalho apresenta os principais resultados a partir do estudo das chuvas no município de Caraguatatuba ao longo de mais de 67 anos, destacando os anos definidos como críticos e de ocorrência de estiagens e seu impacto recente em relação ao abastecimento público.

Pode-se concluir que há uma redução nos índices pluviométricos na região do Litoral Norte ao longo dos anos, o que indica a necessidade de estudos de alternativas de abastecimento para atender a demanda futura. Estudos esses que podem ser em relação à identificação de novos mananciais, à utilização de águas subterrâneas ou, até mesmo, à utilização de água salina/salobra através da técnica de dessalinização.

PALAVRAS-CHAVE: Índice pluviométrico, chuvas, Litoral Norte, Caraguatatuba.

INTRODUÇÃO

A microrregião de Caraguatatuba (área conhecida também por Litoral Norte) é uma das microrregiões do estado de São Paulo pertencente à mesma região do Vale do Paraíba Paulista. Essa região está localizada na porção mais ao norte do litoral paulista, fazendo fronteira com o estado do Rio de Janeiro, dividida em quatro municípios: Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba. É um local turístico muito popular, principalmente por conta das cerca de 160 praias existentes.



Figura 1: Litoral Norte do Estado de São Paulo

A Serra do Mar domina a paisagem da microrregião. A urbanização se deu nas pequenas áreas planas entre as montanhas e o mar. O ponto mais alto é o Pico de São Sebastião, em Ilhabela, com 1.378m acima do nível do mar. O clima oceânico deixa as temperaturas amenas durante o ano todo, mais precisamente entre 20°-30° C. Chove moderadamente.

O relevo da região apresenta profundos declives permeados de vales e rios recobertos pela floresta tropical úmida, a Mata Atlântica. Tal situação ocorre devido à proximidade entre a Serra do Mar e o litoral, característica que condensa a umidade e incentiva a formação da chuva, propiciando a umidade ideal para esse tipo de formação vegetal. A característica supracitada aumenta a precipitação de chuvas, que ocorrem preferencialmente no verão – entre 700 mm e 1000 mm – e na primavera – entre 500 mm e 700 mm –, além de diminuir a variação de temperatura durante o ano – com mínimas entre 18°C e 20°C e máxima entre 25°C e 27°C.

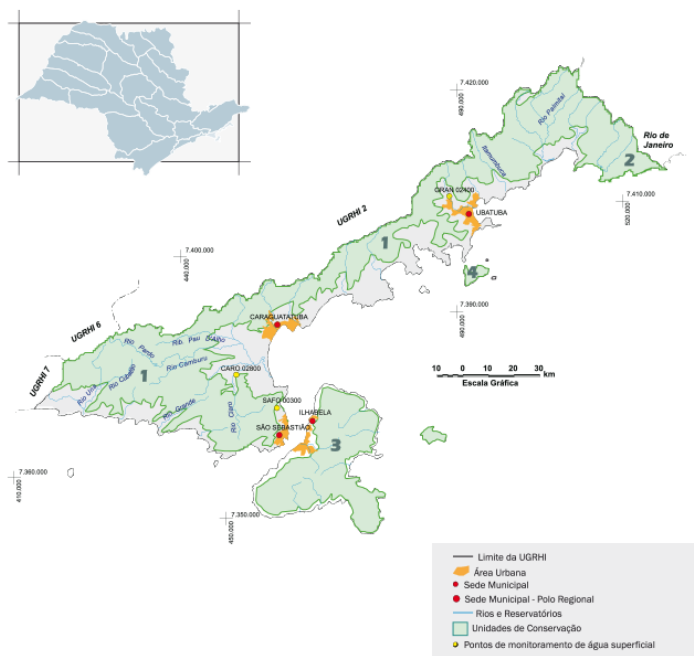


Figura 2: Litoral Norte do Estado de São Paulo

Características Gerais do Litoral Norte

Área de drenagem: 1.948 km²

Linha de Costa: 460,17 km (litoral) e 245,26 km (ilha costeira)

População: 274.936 habitantes

Principais rios: Há numerosos rios que nascem na Serra do Mar, sub-bacias que drenam diretamente para o Oceano Atlântico.

Destacam-se o Rio Parto, Rio Camburu, Rio São Francisco, Rio Grande e Rio Itamambuca. Dentro dessa microrregião situa-se o município de Caraguatatuba, com uma população, segundo o IBGE em 2010 de 100.899 habitantes, distribuídos por uma área de 484 km², o que resulta numa densidade demográfica de 208,49 habitantes/Km².

Caraguatatuba é um dos quinze municípios paulistas considerados estâncias balneárias pelo Estado de São Paulo, por cumprirem determinados pré-requisitos definidos por lei estadual. Tal posição garante a esses municípios o fomento por parte do Estado para a promoção do turismo regional. O município adquire, também, o direito de agregar, junto a seu nome, o título de "estância balneária", termo pelo qual passa a ser designado tanto pelo expediente municipal oficial quanto pelas referências estaduais.

OBJETIVO

Avaliar o índice Pluviométrico do Litoral Norte do Estado de São Paulo a partir do estudo das chuvas no município de Caraguatatuba ao longo de mais de 67 anos, destacando os anos definidos como críticos e de ocorrência de estiagens e sua relação com o abastecimento público.

METODOLOGIA

No trabalho apresentado escolheu-se demonstrar os totais de precipitação mensais e anuais de uma estação pluviométrica, localizada no Município de Caraguatatuba, e a análise deste resultado, considerando-se os limites superior e inferior como sendo um desvio padrão.

Esses totais de precipitação foram gerados a partir do levantamento de informações dos índices pluviométricos entre os anos de 1944 a 2011 pelo sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas. Foram coletadas informações diárias de 1943 a 1912, sendo que os anos de 1943 e 2012 foram expurgados da análise porque não havia informações suficientes.

Para elaboração dos gráficos foi considerada a soma mensal e anual do período analisado por tratar-se de um mesmo ponto de coleta de dados. Foi calculada a média do período e o desvio padrão. A partir da média, foram considerados os limites superior e inferior, utilizando-se um desvio padrão acima e abaixo dessa média.

Para a análise de recorrência de chuvas foram considerados os valores totais dos anos que ficaram acima ou abaixo dos limites superior e inferior definidos.

RESULTADOS

Com os dados do período de 1944 a 2011 da tabela representada pela Figura 3, obteve a maior média mensal em janeiro (248,3 mm) e a menor média mensal em junho (63,3mm).

Mês	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
jan	151	319	336	437	121	324	498	266	361	182	54	217	157	81	224	198	112	515	222	176
fev	429	251	155	266	255	111	216	256	424	194	190	54	181	176	56	427	386	239	152	264
mar	213	509	298	210	214	221	373	258	286	139	232	195	220	134	196	175	150	264	234	153
abr	324	235	177	177	125	35	195	184	136	146	100	141	256	100	189	77	31	203	106	10
mai	100	139	44	130	170	49	187	25	58	115	174	41	112	72	193	84	135	53	90	38
jun	22	228	85	98	21	138	32	12	234	17	53	51	147	33	43	8	37	60	19	53
jul	28	29	47	116	149	63	14	16	30	53	58	50	33	39	40	20	44	76	79	16
ago	8	62	32	125	60	98	13	58	124	128	72	91	90	56	92	70	131	19	77	54
set	38	147	93	134	120	72	132	32	136	88	118	54	91	278	138	303	58	141	105	16
out	91	66	200	175	107	205	199	279	185	171	282	163	177	274	183	141	117	63	238	176
nov	308	95	109	253	160	123	199	98	187	254	104	225	160	117	280	144	187	101	163	181
dez	219	169	205	347	145	203	153	151	126	144	139	246	154	153	291	241	295	190	325	118
Total Geral	1.931	2.248	1.780	2.466	1.645	1.640	2.211	1.631	2.285	1.631	1.574	1.526	1.777	1.512	1.924	1.888	1.683	1.923	1.809	1.254

Mês	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
jan	82	220	336	293	136	195	401	106	246	318	376	594	446	251	292	268	253	248	149	192
fev	157	169	163	271	231	207	308	296	200	99	95	289	293	13	165	84	200	194	76	205
mar	139	202	241	544	221	167	183	205	173	155	58	84	78	44	176	331	182	326	332	254
abr	105	275	230	104	168	266	94	87	132	122	95	67	133	169	90	126	95	182	97	210
mai	138	161	97	20	73	162	46	88	34	180	25	125	169	53	283	77	9	44	37	261
jun	85	86	9	81	33	101	84	127	15	45	102	14	33	20	71	21	62	33	127	118
jul	51	91	145	166	57	60	61	55	27	259	39	36	152	21	31	65	17	111	37	49
ago	71	18	95	15	76	85	78	104	90	43	43	31	130	95	32	66	89	72	61	33
set	54	149	115	136	66	147	90	134	111	163	62	96	216	194	9	98	68	62	69	267
out	202	116	244	268	135	220	161	96	151	196	139	167	112	136	69	127	232	119	200	152
nov	98	145	273	107	82	536	139	170	183	83	41	298	105	166	134	143	159	148	207	87
dez	195	383	401	136	148	290	154	171	160	254	201	225	167	232	127	263	424	284	148	175
Total Geral	1.376	2.014	2.350	2.141	1.425	2.435	1.799	1.638	1.522	1.918	1.275	2.026	2.034	1.394	1.478	1.667	1.789	1.825	1.539	2.001

Mês	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
jan	139	367	37	289	432	184	135	233	254	124	151	364	366	312	255	257	305	84	203	330
fev	30	252	240	130	444	215	90	188	107	286	329	362	536	72	319	197	282	234	210	69
mar	207	263	268	90	116	194	207	417	73	398	306	264	307	113	250	199	227	106	61	202
abr	90	159	161	186	160	102	217	75	112	61	263	45	172	105	52	208	37	85	128	61
mai	30	92	116	183	123	71	67	113	104	80	71	83	105	188	154	47	14	114	76	60
jun	4	53	41	123	52	127	39	53	5	131	106	77	78	73	0	144	4	4	24	21
jul	33	13	136	68	18	136	136	70	78	23	98	52	34	45	24	70	39	74	17	35
ago	104	25	81	23	8	82	119	34	45	23	12	105	60	83	107	29	58	35	26	30
set	102	92	99	108	165	95	69	98	190	166	92	108	176	173	231	93	89	83	91	39
out	71	31	124	178	156	69	134	149	198	79	152	273	113	204	298	162	83	131	106	265
nov	104	146	215	76	62	138	125	117	204	52	81	171	167	296	141	89	204	107	215	166
dez	152	213	424	107	139	55	184	100	173	121	153	260	192	163	245	215	197	76	251	187
Total Geral	1.066	1.707	1.941	1.560	1.875	1.470	1.523	1.646	1.542	1.544	1.813	2.164	2.306	1.826	2.077	1.707	1.537	1.133	1.408	1.464

Mês	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total Geral	Média Mens
jan	140	314	164	196	221	267	238	173	17.160	248,3
fev	189	119	246	110	155	262	141	170	14.503	211,4
mar	53	304	241	58	140		199	357	14.537	214,7
abr	217	284	138	133	115	229	163	208	9.992	143,5
mai	150	171	45	62	61	58	29	47	6.852	97,1
jun	50	57	38	57	98	54	80	55	4.695	63,3
jul	226	107	39	116	15	190	349	35	4.988	70,6
ago	2	25	49	40	114	70	34	129	4.558	63,7
set	79	250	133	26	119	125	92	72	7.906	115,5
out	137	221	195	216	180	210	61	233	11.319	164,1
nov	193	178		236	189	122	130	181	10.943	162,0
dez	148	207	336	162	159	275	268		13.911	204,6
Total Geral	1.584	2.237	1.623	1.412	1.565	1.859	1.783	1.660	121.363	1.750,2

Figura 3: Tabela com os índices pluviométricos mensais de 1944 a 2011.

A Tabela 1 indica a quantidade de meses cujo índice pluviométrico ficou acima ou abaixo da média mensal considerando períodos de 13 em 13 anos.

Tabela 1: Quantidade de meses acima e abaixo das maiores e menores médias mensais.

Período	Meses acima da maior média mensal = 248,3 mm	% de meses	Meses abaixo da menor média mensal = 63,3 mm	% de meses
1947 a 1959	24	15,38%	34	21,79%
1960 a 1972	21	13,46%	29	18,59%
1973 a 1985	26	16,67%	40	25,64%
1986 a 1998	26	16,67%	26	16,67%
1999 a 2011	17	10,90%	43	27,56%

Na Figura 4, é apresentado gráfico com os índices pluviométricos anuais de 1944 a 2011, média de todo o período, linha de tendência e limites superior e inferior considerando 1 (um) desvio padrão acima e abaixo do médio do período.

Valores do gráfico obtidos a partir dos índices pluviométricos anuais:

- Média = 1.750,2 mm;
- Limite Superior = 2.056,3 mm;
- Limite Inferior = 1.444,1mm.

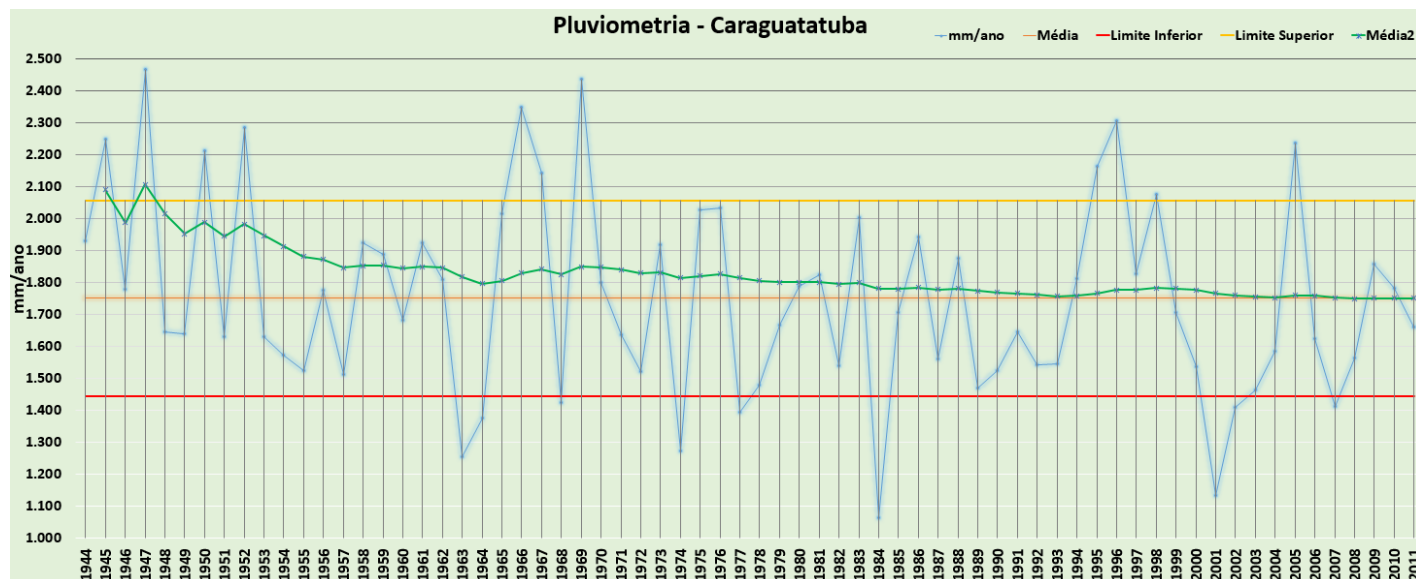


Figura 4: Gráfico com índices pluviométricos anuais de 1944 a 2011.

Analisando-se o gráfico é possível verificar que o maior pico (2.466 mm) ocorreu no ano de 1947 e a maior depressão (1.066 mm) ocorreu no ano de 1984. Verifica-se que há um ciclo entre picos e depressões em intervalos aproximados de 20 anos, e ainda que, da década de 70 para cá, tem-se verificado uma tendência de diminuição em relação à pluviosidade, onde os picos estão menores e menos frequentes e as depressões mais intensas em relação à média.

O gráfico da Figura 4 apresenta 35 pontos ou anos abaixo da média, apenas 22,9% desses 35 pontos tiveram uma recorrência maior que 2 anos.

As tabelas 2 e 3 apresentam os anos que ficaram acima e abaixo dos limites superior e inferior, definidos a partir da linha de corte, considerando-se um desvio padrão acima e abaixo da média do período.

Tabela 2: Anos que ficaram acima do Limite Superior (1750,20 mm/ano).

Ano	Índice Pluviométrico Anual (mm)
1945	2.248
1947	2.466
1950	2.211
1952	2.285
1966	2.350
1967	2.141
1969	2.435
1995	2.164
1996	2.306
1998	2.077
2005	2.237

Tabela 3: Anos que ficaram abaixo do Limite Inferior (1444,10 mm/ano).

Ano	Índice Pluviométrico Anual (mm)
1963	1.254
1964	1.376
1968	1.425
1974	1.275
1977	1.394
1984	1.066
2001	1.133
2007	1.412

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados começaram a ser monitorados em 1943 e apenas a partir de 1963 o índice pluviométrico anual ficou abaixo do limite inferior adotado de 1.444,1 mm ou um desvio padrão abaixo da média.

Desde 1963 em oito anos foram registrados índice abaixo do limite inferior adotado.

Nos 67 anos analisados, apenas dois destes anos, 1984 e 2001 ficaram abaixo de 1.200 mm, sendo que a média de todo o período é de 1.750,2 mm. Nesse mesmo período, em 27 anos os índices pluviométricos ficaram entre a média e o limite inferior, o que demonstra que 52,2% dos anos analisados ficaram com índices abaixo da média do período.

Se utilizado como referência os últimos 34 anos do período analisado, ou seja, de 1977 a 2011, 22 desses anos tiveram índices abaixo da média, cerca 64,7% dos anos.

Quanto aos dados mensais, analisando-se a média de cada mês de todo o período, verifica-se a maior média que é de 248,3 mm em janeiro e a menor média que é de 63,3 mm que é em junho.

Quando cruzamos essas médias mensais máximas (248,3 mm) e mínimas (63,3 mm) em intervalos de 13 anos, verificamos que o último intervalo de 1999 a 2011 mostra uma redução na incidência de valores mensais acima da média máxima de quase 6%; e uma recorrência de 26 anos no aumento dos valores mensais abaixo da média mínima registrada no estudo (ver Tabela 1).

Analisando-se os dados dos anos de 1999 a 2011, verifica-se que dez desses treze anos ficaram abaixo da média, ou seja, 77% dos anos.

A linha de tendência (Linear) da Figura 4 indica que a tendência que ficava acima da média no início do período analisado passou a ficar abaixo da média a partir do ano de 1978 e que a recorrência de anos abaixo da média do período é de 77,1%.

Como não há dados posteriores ao ano de 2012 no ponto analisado, verificou-se na mídia sinais que o índice pluviométrico vem caindo nos anos posteriores ao do estudo, nas regiões próximas ao Litoral Norte.

Os anos de 2014 e 2015, anos críticos para o Estado de São Paulo devido à estiagem e situação crítica das bacias hidrográficas Alto Tiete, Piracicaba e etc., no município de Caraguatatuba e região do Litoral Norte, a situação foi considerada bastante crítica, conforme informações levantadas junto aos órgãos ambientais.

Segundo o Portal G1 Vale do Paraíba e Região, em 2015 a represa de Paraibuna que está a menos de 50 km do município de Caraguatatuba, chegou a 0% da sua capacidade em janeiro, chegando a ser utilizado seu volume morto e a 2,97% de sua capacidade em agosto, sendo considerada crítica para o abastecimento das cidades do Vale do Paraíba no Estado de São Paulo e do Rio de Janeiro.

CONCLUSÕES

O índice pluviométrico anual mostrado nesse estudo indica que a quantidade de chuva vem diminuindo, com maior intensidade a partir de 1963.

O índice mensal também indica a mesma tendência, com a incidência de meses acima da maior média mensal do período diminuindo a partir do ano 2000 e, a incidência de meses com o índice abaixo da menor média mensal do período aumentando (Tabela 1).

A recorrência de anos com índice abaixo da média do período estudado é de 77,1%, o que reforça a indicação da redução do índice de chuvas na região.

Deve ser elaborado um novo estudo para analisar os dados a partir do ano de 2011, sendo que os pontos de medição serão em outros locais e exigirão um novo cálculo para determinação dos índices pluviométrico, mas verifica-se na mídia que há sinais que o índice pluviométrico vem caindo nos anos posteriores ao do estudo em regiões próximas ao Litoral Norte.

Portanto podemos concluir que há uma redução nos índices pluviométricos na região do Litoral Norte ao longo dos anos, o que indica a necessidade de estudos de alternativas de abastecimento para atender a demanda futura para a região.

Novos estudos devem ser feitos para definir os períodos críticos e utilizá-los para prever os períodos futuros, e assim, aumentar a segurança hídrica para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Plano Diretor de Saneamento Básico dos Municípios operados pela SABESP na bacia hidrográfica do Litoral Norte – UGRHI 3, 2011.
2. ANA, Agência Nacional de Águas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos: Sistema de Informações Hidrológicas - HidroWeb. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov>> Acesso em: 09 de dez. 2016.

3. G1, Portal, Vale do Paraíba e Região: Represa de Paraibuna registra volume mais baixo desde março. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2015/08/represa-de-paraibuna-registra-volume-mais-baixo-desde-marco.html>> Acesso em: 09 de dez. 2016.