

EDNON DE LIMA SANTOS

**AS VAZÕES DE OUTORGA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS
AGUAPEÍ E PEIXE**

PRESIDENTE PRUDENTE
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

EDNON DE LIMA SANTOS

AS VAZÕES DE OUTORGA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ
E PEIXE

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Conselho do curso de
graduação em engenharia ambiental da
UNESP/FCT como requisito para
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli.

Presidente Prudente, novembro de 2011.

Santos, Ednon.
S234v As vazões de outorga das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe /
Ednon de Lima Santos. - Presidente Prudente : [s.n], 2011
66 f.

Orientador: José Tadeu Garcia Tommaselli
Trabalho de conclusão (bacharelado – Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Métodos estatísticos. 2. Hidrologia. 3. Bacias hidrográficas dos rios
Aguapeí e Peixe. I. Tommaselli, José Tadeu Garcia. II. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. As vazões de outorga das
bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar sua Luz nesta jornada terrena.

Aos meus pais Odair e Cleusa, pelos seus ensinamentos e educação que me permitem ser quem sou, pelo apoio financeiro prestado durante minha vida e durante a graduação, fundamentais para atingir este degrau.

Aos meus irmãos Aline e Fernando, pelo apoio emocional, carinho e amizade.

Ao meu orientador, Professor José Tadeu Garcia Tommaselli, pelos ensinamentos, apoio, amizade e confiança para realização deste trabalho.

Aos meus amigos, pelo apoio emocional e bons momentos proporcionados durante a graduação.

“Jamais entrarás no mesmo rio duas vezes...”

Heráclito de Efeso

“Há um rio cujas correntes alegram a cidade de Deus...”

Salmos 46

RESUMO

Este trabalho apresenta os procedimentos de obtenção dos dados de vazão de outorga, utilizando métodos estatísticos e de hidrologia, adquiridos ao longo do curso, de alguns mananciais localizados nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe a fim de disponibilizar os dados obtidos ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE e aos Comitês das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. Esse estudo foi elaborado com base na série temporal, além de identificar possíveis falhas nas séries históricas escolhidas. Nas etapas seguintes foram utilizados métodos de regressão linear e interpolação linear a fim de estimar dados e corrigir possíveis falhas nas séries históricas. Depois foram determinadas as médias móveis de 7 dias, Q_7 , vazões características como Q_{90} e Q_{95} . Com base na vazão mínima da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos, determinou-se a vazão de outorga de alguns cursos d'água. Foram gerados dados para seis estações nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.

Palavras chave: métodos estatísticos; hidrologia; bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe; vazão característica; vazão de outorga.

ABSTRACT

This work presents procedures for getting data to estimate grant flow by means of statistical and hydrological methods, acquired during the graduate course, of some streams in the watersheds of Aguapeí and Peixe rivers, in order to make available this data set to Sao Paulo State water and electrical energy department – DAEE and to the Committees of Aguapeí and Peixe watersheds. This study was performed using discharge data and there was a selection process to identify some faults in the historical series. Finally it was calculated the 7-day moving averages, Q_7 and some characteristics discharges like Q_{90} and Q_{95} . Taking into account the average discharge in seven days in a 10-year recurrence interval, it was estimated the grant flow of some streams. Data were generated for six posts inside the Aguapeí and Peixe watersheds.

Keywords: statistical methods; hydrology; Aguapeí and Peixe watersheds; characteristics discharges; grant flow.

Índice

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Área de Estudo	13
1.1.1. Unidade de Gerenciamento do Rio Aguapeí (UGRHI 20)	13
1.1.2. Unidade de Gerenciamento do Rio do Peixe (UGRHI 21)	15
1.1.3. Características Gerais das UGRHI-20 e 21	16
2. JUSTIFICATIVA	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. Objetivo Geral	18
3.2. Objetivos Específicos	18
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
4.1. Características da Água	19
4.2. Ciclo Hidrológico	20
4.3. Balanço Hídrico	21
4.3.1. Balanço Hídrico Global	21
4.3.2. Balanço Hídrico dos Continentes	23
4.3.3. Balanço Hídrico das Bacias Hidrográficas	24
4.4. Gestão de Recursos Hídricos	25
4.5. Aspectos Gerais sobre Legislação para Outorga de Uso da Água	26
4.6. Cobrança do uso de água	29
4.7. Estatística Descritiva: Medidas de Centro	31
4.8. Medidas de Variação	32
4.8.1. Desvio Padrão de uma Amostra	32
4.8.2. Coeficiente de Variação	33
4.9. Medidas de Posição Relativa	34
4.9.1. Quartis e Percentis	34
4.10. Correlação e Regressão Linear	35
4.11. Interpolação Linear	35
4.12. Vazão mínima da média móvel de 7 dias consecutivos para um retorno de 10 anos, Q90% e Q95%	36
5. METODOLOGIA	38
5.1. Montagem das Planilhas para cálculo das médias móveis de 7 dias	41
5.2. Procedimento para cálculo de Q90 e Q95	45
5.3. Procedimento para cálculos por Interpolação Linear	46
6. RESULTADOS	47
6.1. Vazão mínima da média móvel de 7 dias	47
6.2. Vazão característica Q90 e Q95	53
6.3. Vazão mínima da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos	56
6.4. Vazão de outorga nas bacias do rio Aguapeí e do rio do Peixe	59
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

Lista de Figuras

Figura 01	A área do Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe e as UGRHIs limítrofes	13
Figura 02	Balanço hídrico anual para o Brasil	24
Figura 03	UGRHI: Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SP)	26
Figura 04	Mapa com estações fluviométricas e disposição dos mananciais	40
Figura 05	Exemplo de Planilha elaborada para conter a série de vazão	42
Figura 06	Exemplo de planilha elaborada para conter o resultado das médias móveis de 7 dias	43
Figura 07	Exemplo da tabela reg com valores dos coeficientes da reta e R^2	44
Figura 08	Exemplo de fórmula para cálculo de valor de vazão em célula vazia	44
Figura 09	Exemplo de fórmula do cálculo de Q_{90}	46
Figura 10	Exemplo de cálculo por interpolação linear	47

Lista de Tabelas

Tabela 01	Características dos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Aguapeí	14
Tabela 02	Características dos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio do Peixe	16
Tabela 03	Características sociais de municípios aonde estão situadas as estações fluviométricas desse estudo	16
Tabela 04	Balanço hídrico médio anual para a Terra	22
Tabela 05	Balanço hídrico médio dos continentes	23
Tabela 06	Vazão de outorga	37
Tabela 07	Postos fluviométricos	39
Tabela 08	Q ₇ da estação 6C-005	48
Tabela 09	Coeficientes de correlação linear entre as estações 7C-002 e 6C-005	49
Tabela 10	Q ₇ da estação 7C-002	49
Tabela 11	Q ₇ da estação 8C-004	50
Tabela 12	Coeficientes de correlação linear entre as estações 7C-011 e 8C-004	50
Tabela 13	Q ₇ da estação 7C-015	51
Tabela 14	Q ₇ da estação 7D-010	52
Tabela 15	Q ₇ da estação 8C-007	52
Tabela 16	Q ₉₀ da estação 6C-005	53
Tabela 17	Q ₉₅ da estação 6C-005	53
Tabela 18	Q ₉₀ da estação 7C-002	54
Tabela 19	Q ₉₅ da estação 7C-002	54
Tabela 20	Q ₉₀ da estação 8C-004	54
Tabela 21	Q ₉₅ da estação 8C-004	54
Tabela 22	Q ₉₀ da estação 7C-015	55
Tabela 23	Q ₉₅ da estação 7C-015	55
Tabela 24	Q ₉₀ da estação 7D-010	55
Tabela 25	Q ₉₅ da estação 7D-010	55
Tabela 26	Q ₉₀ da estação 8C-007	56
Tabela 27	Q ₉₅ da estação 8C-007	56
Tabela 28	Dados finais da estação 6C-005	56
Tabela 29	Dados finais da estação 7C-002	57
Tabela 30	Dados finais da estação 8C-004	57
Tabela 31	Dados finais da estação 7C-015	58
Tabela 32	Dados finais da estação 7D-010	58
Tabela 33	Dados finais da estação 8C-007	58
Tabela 34	Estações fluviométricas e respectivas vazões de outorga	59
Tabela 35	Outorga total concedida pelo DAEE por município	60

1. Introdução

A água doce pode ser considerada individualmente o mais importante recurso da humanidade. Em escala mundial, o que inibe a expansão da agricultura e o povoamento de vastas regiões é a insuficiência da água. Em escala local, os recursos hídricos determinam a localização de certas indústrias, a geração de energia. Antigamente, o estabelecimento de povoações estava em relação estreita com a localização de rios e fontes. As povoações dos oásis oferecem um exemplo (DREW, 1994).

A história do desenvolvimento da civilização poderia ser escrita em termos da preocupação épica do homem para com a água. Os problemas relativos à água sempre mereceram a atenção e imaginação criativa do homem para a sua solução, como atestam várias obras de engenharia, projetos de recursos hídricos, poços, aquedutos e barragens construídas no passado (FRANK, 1955).

Da mesma forma como o ar, a água está intimamente associada à evolução do homem em inúmeras maneiras. Uma das condições básicas para a existência de vida na terra é a presença de água na forma líquida. Cada processo orgânico só pode ocorrer em meio aquoso. A água é o constituinte fundamental do protoplasma e o seu papel no metabolismo, no processo regulatório da temperatura do corpo e na nutrição dos tecidos é vital. A água, além disto, é o lar dos organismos vivos. Cerca de 90% de todos os organismos da Terra estão imersos em água, e o restante, que permanece num "oceano" de vapor d'água, utiliza a água líquida. O consumo médio anual para uma pessoa adulta é de 5 a 10 vezes o peso do corpo, o que dá uma média de cerca de 450 litros/ano (300 – 600 l/ano). (LIMA, 2008).

Em clima temperado, conforme Lima (2008), uma pessoa normal consegue sobreviver com 2,5 litros de água por dia em condições de atividade física moderada. Cerca de 1 litro deste total é ingerido na forma de alimentos e também pela transformação no próprio organismo, através da combustão de açúcares e gorduras. O restante é ingerido na forma líquida. Ao todo, são necessários de 2,5 a 2,8 litros de água para reposição daquela perdida por transpiração e excreção. O consumo de água em quantidades inferiores conduz a estado patológico caracterizado por perda de apetite e, eventualmente, a uma subnutrição. Uma pessoa pode agüentar sem água durante poucos dias no deserto, se permanecer em repouso. Com alguma atividade, talvez não consiga sobreviver nem 1 dia, pois as perdas podem chegar até 5 litros por hora.

A civilização moderna é caracterizada por alta demanda de água. A quantidade de água necessária para o sustento da vida, apenas, é relativamente pouca. Mas mesmo nas sociedades mais simples as pessoas precisam de uma quantidade adicional de água para se lavar, preparar alimentos etc. Nos tempos passados, o consumo "per capita" diário, considerando todos os usos, inclusive a água de beber, era de cerca de 12 - 20 litros. Atualmente, o consumo doméstico "per capita" é de aproximadamente 300 litros por dia. Computados todos os fatores de produção (uso doméstico, irrigação, industrial, na agricultura etc.) o consumo gira ao redor de 15.000 litros por pessoa por dia. A demanda de água aumenta com o aumento de população e com a melhoria do padrão de vida (LIMA, 2008).

Por isso, já é tempo de aumentar cada vez mais a preocupação em preservar esse recurso e, portanto, estudar as possíveis interações dos fatores climáticos sobre a precipitação e o regime fluvial das diversas regiões do globo terrestre, além das ações antrópicas que afetam esse recurso.

Atualmente é reconhecido que o desflorestamento, as práticas de uso da terra agrícola e urbana, a utilização da água do lençol freático para abastecimento e irrigação, além da construção de grandes barramentos para abastecimento e principalmente para geração de energia, somadas, geram um efeito bola-de-neve e tem contribuído para alterações no ciclo hidrológico e consequentemente no regime hidrológico dos rios. Além deste, outros aspectos relacionados à drenagem entram em desequilíbrio, como os ecossistemas terrestres e aquáticos e a dinâmica erosivo-deposicional nas vertentes e nos canais fluviais (ROCHA, 2004).

Em muitos rios, cada vez mais o fluxo é regulado diretamente por barramentos, seja para prover água para abastecimento doméstico, industrial ou irrigação, assim como para controle de enchentes ou estiagens, além da energia hidroelétrica. Geralmente, a forma de controle é refletida na diminuição da variabilidade do fluxo para jusante, elevando-se as vazões mínimas e diminuindo as vazões máximas. As mudanças na hidrologia dos rios são mais percebidas nos trechos médios e baixos dos rios, onde se encontram as planícies de inundação, e uma série de interações laterais se processam entre o canal e a planície adjacente. As variações nos níveis da água no sistema rio-planície de inundação podem ser vistas como um regime de pulsos, consistindo de duas distintas fases: inundação e águas baixas (ESTEVES, 1998).

Tendo em vista a intensa apropriação dos recursos fluviais pelo homem, existe uma crescente necessidade de predizer os impactos ambientais associados ao

manejo dos corpos de água, identificar metas a serem atingidas para manter a biota fluvial e os adequados valores sociais e de serviços associados com o ecossistema fluvial. Isso tem criado certa quantidade de novas disciplinas científicas de modelagem e descrição relativas a canais fluviais. Vários trabalhos sobre os relacionamentos entre a variabilidade hidrológica e a integridade do ecossistema fluvial opressivamente sugerem um paradigma do *regime natural do rio*, os quais declaram: a completa variabilidade do regime hidrológico intra e inter-anual, e associada característica de periodicidade, duração, frequência e taxa de mudança, são críticas na sustentação da biodiversidade total nativa e integridade do ecossistema aquático (RICHTER, 1997).

Sabe-se que, desde o final dos anos de 1980, iniciou-se um processo geral de mudanças institucionais, repercutindo em vários setores econômicos, nos serviços públicos concedidos e nos diferentes níveis da Federação. Essas transformações comportam, entre outras características, a emergência de um novo “modelo” de gestão ambiental, e dos recursos hídricos em particular. Sinteticamente, podemos considerar que esse “modelo” está criando importantes pressões na agenda jurídico-administrativa e exigindo um reposicionamento das diversas organizações envolvidas na gestão dos recursos hídricos, bem como uma adaptação de suas respectivas práticas (RIO, 2004).

Observa-se, em decorrência das mudanças institucionais, um duplo movimento: de um lado, o Estado concentra-se nas atividades de regulação da exploração dos recursos e dos serviços concedidos para garantir um “ambiente” competitivo; do outro, verifica-se a reestruturação das várias organizações, públicas e privadas, que assumem novos objetivos e estratégias como respostas aos ajustes do novo ambiente regulatório. Não se trata, de modo algum, de uma adaptação natural, mas, ao contrário, de um processo constante de ajustes que interferem na própria institucionalidade. Em outros termos, não há uma adaptação passiva por parte das organizações aos mecanismos de regulação, há, nesse caso, uma ação organizada que permite a aproximação entre concorrência e restrição, autonomia dos agentes e interdependência estratégica (CROZIER e FRIEDBERG, 1977) face às mudanças institucionais (RIO, 2004).

O Brasil diante de toda essa disponibilidade hídrica, corre sérios riscos de, em poucos anos, estar com seu potencial hídrico comprometido. A atual poluição hídrica que se apresenta e a forma indiscriminada com que a água vem sendo usada, comprometem seriamente a sua oferta, bem como a tornam um bem de consumo de custo cada vez mais elevado. O Brasil detém, aproximadamente, 14% da água utilizável do mundo, no entanto, 70% das águas nacionais estão na Amazônia, onde se encontram só

5% dos brasileiros, sendo que os outros 30%, abastecem os 95% da população brasileira (GERBER, 2002).

1.1. Área de Estudo

As Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe são Unidades de Gerenciamento contíguas, respectivamente definidas pela Lei nº 9034/94 como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 20 e 21 (UGRHIs 20 e 21) e se localizam, junto com a unidade de Gerenciamento do Pontal do Paranapanema no Grupo 1, entre os onze grupos definidos pela Lei acima mencionada. Estas Bacias, juntas, compõem o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, onde estão inseridos 59 municípios, em uma área de 21.167 Km². Os limites das bacias estão apresentados na Figura 1, a seguir:

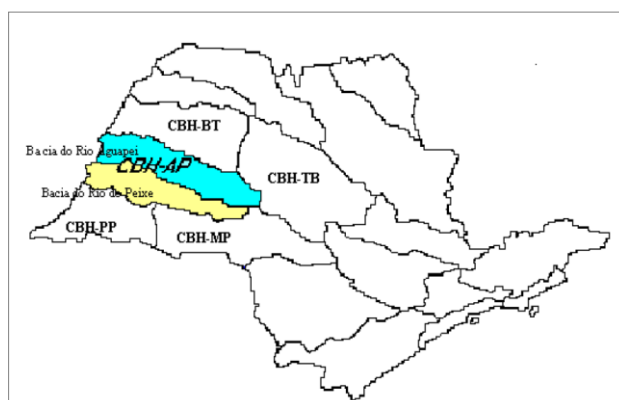


Figura 01: A área do Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe e as UGRHIs limítrofes.
Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias do Aguapeí e Peixe, 1997.

1.1.1. Unidade de Gerenciamento do Rio Aguapeí (UGRHI 20)

Esta unidade, cuja área de drenagem é de 13.196 Km², limita-se ao Norte com a Bacia do rio Tietê, a Oeste com o Estado do Mato Grosso do Sul, tendo como divisa o Rio Paraná, a Leste seu limite é a Serra dos Agudos e ao Sul encontra-se a Bacia do Rio do Peixe. É formada pelo Rio Feio, que nasce a uma altitude de 600 metros, entre as cidades de Gália e Presidente Alves, e pelo Rio Tibiriça, que nasce a uma altitude de 480 metros, junto à cidade de Garça. A Bacia possui extensão aproximada de 420 Km até a foz no Rio Paraná, a uma altitude de 260 metros, entre o Porto Labirinto e o Porto Independência.

Em termos de população, estima-se 364.209 habitantes, segundo censo de 2010 do IBGE, na bacia do rio Aguapeí. Os principais cursos d'água dessa bacia são rio Aguapeí, rio Tibiriçá, ribeirão Cainguangue e ribeirão das Marrecas. Possui um reservatório que é o do Porto Primavera.

Tabela 01: Características dos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Aguapeí

Município	Número de Habitantes	Percentual* (%)	Taxa de alfabetização (%)	Coordenadas UTM (m)		Altitude (m)
				Norte	Leste	
1 Arco Íris	1925	0,5	85,8	7534994	522605	419
2 Álvaro de Carvalho	4650	1,3	91,7	7549351	581662	627
3 Clementina	7065	1,9	91,4	7573356	524908	465
4 Dracena	43258	11,9	94,5	7588244	407894	421
5 Gabriel Monteiro	2708	0,7	91,6	7579711	507254	436
6 Garça	43115	11,8	93,2	7527953	592643	683
7 Getulina	10765	3,0	92,4	7529375	545593	487
8 Guaimbê	5425	1,5	89,8	7509866	551234	469
9 Herculândia	8696	2,4	91,8	7566653	563452	502
10 Iacri	6419	1,8	90,9	7582829	532088	499
11 Júlio Mesquita	4430	1,2	89,1	7565700	625183	520
12 Lucélia	19882	5,5	94,4	7598141	498046	438
13 Luiziânia	5030	1,4	88,8	7602909	569660	426
14 Monte Castelo	4063	1,1	89	7644612	441023	375
15 N. Guataporanga	2177	0,6	88,4	7640709	433230	382
16 N. Independência	3068	0,8	93	7666284	449110	316
17 Pacaembu	13226	3,6	91,8	7615612	473023	415
18 Panorama	14583	4,0	92,1	7638173	410861	276
19 Parapuã	10844	3,0	91,9	7592836	523607	486
20 Paulicéia	6339	1,7	91,1	7642463	413863	328
21 Piacatu	5287	1,5	89,9	7612261	541492	422
22 Pompéia	19964	5,5	95,3	7554926	585439	597
23 Queiroz	2808	0,8	88,3	7589247	578531	431
24 Quintana	6004	1,6	91,2	7558994	571446	595
25 Rinópolis	9935	2,7	90,5	7597501	528727	425
26 Salmourão	4818	1,3	87,3	7608773	514431	461
27 Santa Mercedes	2831	0,8	89,2	7638843	421688	351
28 S. do Aguapeí	4277	1,2	92,2	7607220	551713	429
29 São J. do P. D'Alho	2103	0,6	89,7	7648047	430924	354
30 Tupã	63476	17,4	93,4	7574326	550229	524
31 Tupi Paulista	14269	3,9	94,1	7635573	440854	400
32 Vera Cruz	10769	3,0	92,5	7542386	621676	628
Total	364209	100	Média = 91,1			

Fonte: IBGE – censo 2010 e Apolo11

* Em relação ao total de habitantes da bacia.

Em relação às atividades econômicas, destacam-se, na área urbana, os setores de serviços e comércio como fonte indutora da economia regional. Nas áreas rurais, por sua vez, a agricultura e a pecuária são as atividades mais expressivas,

destacando-se as lavouras de café, cana-de-açúcar e milho. As áreas de pastagem, que antes ocupavam boa parte das áreas rurais, agora dividem espaço com a cana-de-açúcar. Atenta-se também para a atividade de extração mineral de areia nos afluentes do Rio Aguapeí, como o Rio Tibiriçá e Ribeirão Caingangue e olarias instaladas principalmente nos municípios que margeiam o Rio Paraná.

1.1.2. Unidade de Gerenciamento do Rio do Peixe (UGRHI 21)

Tendo ao Norte a Bacia do Rio Aguapeí, esta Unidade com 10.769 Km², limita-se ao Sul com a Bacia do Rio Paranapanema, a Oeste com o Rio Paraná e a Leste com a Serra dos Agudos e a Serra do Mirante. O Rio do Peixe nasce da Serra dos Agudos, numa altitude de 670 metros, percorrendo uma extensão de 380 Km, desembocando no Rio Paraná a uma altitude de 240 metros.

Estima-se 650.978 habitantes, segundo IBGE, censo-2010, na bacia do rio do Peixe. Os principais cursos d'água são rio do Peixe, rio da Garça, ribeirão Mandaguari, ribeirão Taquaruçu e ribeirão do Veado. Também possui um reservatório que é o do Porto Primavera.

As atividades econômicas que predominam nas áreas urbanas são os setores de serviços e comércio como mantenedores da economia regional, com exceção de Marília, considerada polo regional e onde se concentra grande parte das atividades industriais, principalmente do segmento alimentício. O município também é uma importante referência de ensino universitário. Nas áreas rurais ainda há predominância da pecuária, com forte expansão da agroindústria de cana.

As Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe são Unidades de Gerenciamento que, por apresentarem muitas semelhanças sob o ponto de vista do meio físico e por possuírem um nível de atividade antrópica que produz uma interferência muito grande entre si, foram inseridas em um único Comitê de Bacia Hidrográfica.

O município de Marília é o mais populoso dentre todos os municípios localizados nas Unidades de Gerenciamento. Segundo dados do Departamento Municipal de Água e Esgoto de Marília – DAEM, 56,7 % da captação de água da cidade provem do ribeirão do Arrependido e do rio do Peixe. O índice de desenvolvimento humano – IDH – está entre 0,81 a 1, considerado alto. A densidade demográfica está entre 100 a 500 habitantes por Km². Veja na tabela 3, as características sociais dos municípios de localização das estações fluviométricas.

Tabela 02: Características dos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio do Peixe

Município	Número de Habitantes	Percentual* (%)	Taxa de alfabetização (%)	Coordenadas UTM (m)		Altitude (m)
				Norte	Leste	
1 Adamantina	33792	5,2	94	7602013	492500	401
2 Alf. Marcondes	3886	0,6	90,5	7572073	457379	448
3 Álv. Machado	23424	3,6	93,6	7558312	451312	475
4 Bastos	20456	3,1	93,7	7575796	527483	445
5 Bora	805	0,1	91,1	7537252	547964	582
6 Caiabu	4072	0,6	88,8	7565809	475688	520
7 Emilianópolis	3024	0,5	89,4	7585580	450080	354
8 Flora Rica	1752	0,3	86,8	7603011	460256	382
9 Flórida Paulista	12845	2,0	91,5	7609814	482032	410
10 Indiana	4803	0,7	93,7	7547850	474054	479
11 Inúbia Paulista	3630	0,6	91,1	7592668	503934	467
12 Irapuru	7784	1,2	91,9	7614642	464282	436
13 Junqueirópolis	18724	2,9	92,5	7620830	455091	421
14 Lutécia	2680	0,4	91,4	7529420	562586	581
15 Mariápolis	3911	0,6	92,2	7589429	481251	410
16 Marília	214742	33,0	96,2	7543128	608653	675
17 Martinópolis	24221	3,7	93	7551029	482384	488
18 Oriente	6097	0,9	94	7549990	593747	604
19 Oscar Bressane	2535	0,4	90,9	7531769	574011	481
20 Osvaldo Cruz	30912	4,7	93,9	7589681	512548	485
21 Ouro Verde	7764	1,2	88	7623528	427459	350
22 Piquerobi	3541	0,5	89,4	7581668	424721	440
24 Pracinha	2863	0,4	93,9	7583658	491045	402
23 Pres. Prudente	205340	31,5	96,3	7553232	459894	475
25 Rib. dos Índios	2187	0,3	87,3	7569712	432750	386
26 Sagres	2395	0,4	87,6	7580062	504534	419
27 Santo Expedito	2793	0,4	89,5	7583701	459472	416
Total	650978	100	Média = 91,6			

Fonte: IBGE - censo 2010 e Apollo11

*Em relação ao total de habitantes da bacia.

Tabela 03: Características sociais de municípios aonde estão situadas as estações fluviométricas desse estudo

Municípios	Bacia hidrográfica	Sede na bacia	IDH	Densidade Demográfica (hab/Km ²)	Taxa de mortalidade infantil (por 1000 nascidos vivos)
Bastos	Peixe	sim	0,51 a 0,8	100,1 - 500	10,1 - 15
Guaimbê	Aguapeí	sim	0,51 a 0,8	0 - 25	10,1 - 15
Luiziânia	Aguapeí	sim	0,51 a 0,8	25,1 - 50	50,1 - 110
Marília	Peixe	sim	0,81 a 1	100,1 - 500	10,1 - 15
Presidente Prudente	Peixe	parcialmente	0,81 a 1	100,1 - 500	10,1 - 15
Valparaíso	Aguapeí	não	0,81 a 1	0 - 25	15,1 - 20

Fonte: IBGE, 2000 e SEADE, 2007.

1.1.3. Características Gerais das UGRHI-20 e 21

Clima: a região do extremo sudoeste do Estado de São Paulo, na qual se localiza a bacia do rio do Peixe e Aguapeí, segundo NIMER (1977), caracteriza-se por clima tropical quente e úmido (com chuvas de verão), e com 1 a 2 meses de estação seca (inverno). A precipitação média anual é de 1250 mm, e a temperatura média anual superior a 18 °C. O mês mais chuvoso é janeiro, com precipitação média de 200 mm, e o mais seco é julho, com precipitação média de 25 mm (Relatório CBH-AP, 1997).

Relevo: os principais sistemas de relevo presentes nas bacias do Aguapeí e Peixe são: planícies aluviais, terraços fluviais, colinas amplas, colinas médias, morretes alongados e espigões, morros sedimentares e morros arredondados, encostas suconadas por vales subparalelos e escarpas festonadas (Relatório CBH-AP, 1997).

Vegetação: A Região Hidrográfica Aguapeí/Peixe apresenta 1.347 km² de vegetação natural remanescente que ocupa, aproximadamente, 5% da área das UGRHIs. Destaque para as categorias Floresta Estacional Semidecidual, também em sua condição de Vegetação Secundária, e a Formação Arbórea/Arbustiva-Herbácea em regiões de várzea (Relatório CBH-AP, 1997).

2. Justificativa

O conhecimento da vazão mínima e de sua distribuição temporal e espacial assume papel importante no planejamento regional, em setores como a geração de energia elétrica e navegação, bem como em projetos setoriais de abastecimento, regularização artificial, outorga de uso de água, qualidade de água, estudos de autodepuração, na diluição de efluentes em corpos d'água, dentre outros.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é, atualmente, indispensável à obtenção de licenciamento de diversas atividades junto aos órgãos ambientais e obtenção de financiamentos. É, ainda, um documento necessário para obtenção de certificação de qualidade, quando se trata de empreendimento industrial.

É muito importante a determinação dos índices de vazão, pois assim torna o planejamento de ações na bacia mais eficazes. Esses índices é que dirão se há a

possibilidade de concessão de parte do recurso hídrico para uma finalidade específica, como, por exemplo, no processo produtivo de uma usina de álcool. Segundo Lanna, 1995:

“A outorga de um recurso cuja disponibilidade é aleatória, como a água, tem o fato complicador de não se saber quanto estará disponível em determinado período e em dado local. Isto determina o estabelecimento da gestão conjunta da disponibilidade e das demandas hídricas. Na gestão da disponibilidade busca-se avaliar as quantidades que serão disponíveis com dadas probabilidades e, eventualmente, aumentá-las através de obras de regularização em reservatórios ou de transposições de vazões entre corpos de água. Modelos de previsão de vazões poderão ser usados para antecipar as situações críticas de suprimento”.

Assim, esse trabalho visa fornecer dados de vazão mínima como a $Q_{7,10}$ que permitam uma melhor gestão dos recursos hídricos estudados. Em períodos de seca torna-se ainda mais necessário um adequado planejamento das ações em uma bacia hidrográfica. Em face de um índice mínimo de vazão é possível adequar o uso do recurso de acordo com a disponibilidade esperada.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral:

Determinação das vazões de outorga do rio Aguapeí/Feio, município de Guaimbê; Aguapeí/Feio, município de Luisiânia; Aguapeí/Feio, município de Valparaíso; do Ribeiro Copaiba, município de Bastos; Ribeiro da Garça, município de Marília e Ribeiro do Mandaguari, município de Presidente Prudente, além de determinar as vazões $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$.

3.2. Objetivos específicos:

- Analisar as séries de vazões das bacias dos rios Aguapeí e Peixe;
- Estabelecer possíveis regressões entre as séries históricas de vazão a fim de estimar dados em falta;

- Calcular as médias móveis diárias de 7 dias das séries históricas de vazão;
- Determinar os Q_7 mínimos anuais de todas as séries históricas de vazão;
- Determinar as vazões características $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$;
- Calcular os valores de $Q_{7,10}$ – vazão da média móvel de 7 dias para um tempo de retorno de 10 anos.

4. Fundamentação Teórica

4.1. Características da Água

A água é uma substância muito difundida na natureza, sendo encontrada principalmente em sua forma líquida. Nas formas líquida e sólida a água cobre mais de 2/3 do planeta, e na forma gasosa é constituinte da atmosfera, estando presente em toda parte (WALTON, 1970).

As mudanças de estado da água envolvem a absorção e a liberação de energia. A fusão de 1 grama de gelo a 0°C requer 80 calorias (calor latente de fusão), e na solidificação de 1 grama de água a mesma quantidade de energia é liberada. No ponto de ebulição a água passa do estado líquido para o gasoso, ou vice-versa, e a energia envolvida no processo é de 540 cal/g (calor latente de vaporização).

A água pode também passar para o estado gasoso a temperaturas menores que 100°C, mas tal vaporização, denominada evaporação, requer maior quantidade de calor.

O calor latente de sublimação, por sua vez, é dado pela soma do calor latente de fusão e do de vaporização. A 0°C, por exemplo, a sublimação de 1 g de gelo envolveria a utilização de 677 cal. Mais de 3/4 do volume de água doce do planeta encontra-se na forma sólida, estando a maior parte deste total nas regiões polares e em altas altitudes. Em regiões de clima temperado, por outro lado, uma quantidade adicional de água permanece no estado sólido durante alguns meses de cada ano.

Entre as temperaturas de 0°C (ponto de fusão) e de 100°C (ponto de ebulição), considerando pressão atmosférica normal, a água encontra-se no estado líquido, correspondendo a 98 % do total de água no planeta. Neste intervalo de temperatura, o calor específico médio da água (estado líquido) é de 1,0 cal/g.°C. Este calor específico é

extremamente alto em comparação com outras substâncias (Exs.: gelo = 0,5; Al = 0,2; Fe = 0,1; Hg = 0,03; ar = 0,17; etc.).

Por esta razão, a água funciona como um "sistema tampão para a energia disponível na natureza" (REICHARDT, 1975). Ou seja, muita energia é normalmente necessária para elevar muito pouco a temperatura da água.

No estado gasoso, o vapor d'água constitui cerca de 0,25 % da atmosfera, ocorrendo em maior quantidade nas regiões tropicais e nas camadas mais baixas da atmosfera. Sua concentração no ar úmido não chega, em geral, a atingir 2,5 %, ou seja, a 25 g de vapor por kg de ar úmido. Constitui, ainda, cerca de 0,001 % do total de água existente no ciclo hidrológico, equivalente a cerca de 0,04 % do total de água doce do planeta. Estas proporções parecem ser desprezíveis, mas a importância maior da presença do vapor d'água reside no seu papel de modificador do balanço de radiação, de moderador termal, bem como na sua constante reciclagem. Estima-se que cerca de 10% do total de vapor seja reciclado diariamente. A densidade e a pressão de vapor variam consideravelmente na superfície. Consequentemente, o vapor d'água está sempre em constante movimentação, sempre em direção às menores densidades ou pressões. A taxa deste fluxo de vapor, na ausência de ventos, é proporcional ao gradiente de pressão de vapor ou de densidade.

A umidade atmosférica é a fonte de água que é essencial para a ocorrência da chuva. Num dado instante, conforme já esclarecido, esta fase do ciclo hidrológico (o vapor atmosférico) representa apenas cerca de 0,001 % do total de água existente no ciclo. Todavia, mesmo em condições mais áridas, a constante movimentação atmosférica transporta enormes quantidades de água.

A capacidade que o ar atmosférico tem de reter vapor d'água é função de sua temperatura. Esta capacidade é máxima no verão, quando o ar se encontra mais quente, e é nesta época que podem ocorrer chuvas pesadas. Esta capacidade varia ainda com a elevação, de forma que mais da metade da umidade presente em uma coluna saturada de ar se encontra nos primeiros dois quilômetros de altura (MCKAY, 1970). Acima de 8 km de altura a água precipitável é desprezível (LINSLEY et alii, 1975).

4.2. Ciclo Hidrológico

O ciclo, obviamente, não tem começo nem fim. A água é evaporada dos oceanos e da superfície continental e se torna parte da atmosfera. A umidade atmosférica

precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes, a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, pode escoar pela superfície dos terrenos, ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser absorvida pelas plantas. Assim, o ciclo da água envolve vários e complicados processos hidrológicos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial (LIMA, 2008).

Conforme Lima (2008), o total de água existente no planeta, presa ao ciclo hidrológico, é estimado em $1,4 \times 10^{18} \text{ m}^3$. Este total, na fase líquida, seria suficiente para cobrir a superfície da esfera terrestre com uma camada de 2,7 km de água. Deste total, 97 % encontra-se nos oceanos. Ainda, 98 % constitui água na forma líquida, dos quais cerca de 2,6 % é água doce, 15 % da qual encontra-se na bacia amazônica. A água doce corresponde, portanto, a um volume de $3,6 \times 10^{16} \text{ m}^3$. Deste volume, 77,2 % encontra-se na forma sólida, nas calotas polares, 22,4 % constitui a água subterrânea, e cerca de 0,4 % compreende a água dos rios, lagos e o vapor atmosférico.

4.3. Balanço Hídrico

4.3.1. Balanço Hídrico Global: A Hidrologia pode ser entendida, de acordo com Lima (2008), como o estudo científico do ciclo hidrológico. O ciclo hidrológico, mais do que uma simples sequência de processos, constitui-se de um conjunto de fases, as quais representam os diferentes caminhos através dos quais a água circula na natureza. Esta circulação ocorre em três partes do sistema terra: a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera, numa profundidade aproximada de 1 km na litosfera, até cerca de 15 km na atmosfera.

Cita Lima (2008) que a água da atmosfera (vapor) constitui a água precipitável. Se o total de vapor atmosférico se precipitasse, a chuva correspondente seria de cerca de 25,5 mm uniformemente distribuída sobre toda a superfície da esfera terrestre. Este reservatório (vapor atmosférico) é repostado continuamente pela evaporação e é descarregado pela precipitação, sendo esta a única fonte renovável de água doce para a superfície.

Ainda, segundo Lima (2008), a precipitação média no planeta é de aproximadamente 940 mm por ano. Cerca de 70 % da precipitação retorna à atmosfera pela evaporação. Numa dada área, a quantidade de água envolvida em cada fase do ciclo hidrológico pode ser avaliada através da chamada equação do balanço hídrico, que é a própria lei da conservação da massa:

$$I - O = \Delta S, \text{ equação 4.3.1.1}$$

onde

I= fluxos positivos (entrada de água)

O= fluxos negativos (saída de água)

ΔS = variação no armazenamento.

A água no ciclo hidrológico movimenta-se continuamente: nuvens, chuva, cursos d'água, ondas e correntes oceânicas, etc. Em escala global, esta movimentação representa as trocas que ocorrem entre a terra, o oceano e a atmosfera. Quantitativamente, estas trocas equivalem aos seguintes valores médios anuais (Tabela 4):

Tabela 04: Balanço hídrico médio anual para a Terra

Processos	Continentes	Oceanos	Planeta
Área (10^6 Km^2)	148.9	361.1	510
Volume (10^3 Km^3)			
<i>Precipitação (P)</i>	111	385	496
<i>Evaporação (E)</i>	-71	-425	-496
<i>Descarga (Q)</i>	-40	40	0
Altura (mm)			
<i>Precipitação</i>	745	1066	1811
<i>Evaporação</i>	-477	-1177	-1654
<i>Descarga</i>	-269	111	-158

FONTE: (Baumgartner & Reichel, 1975, citados por LEE, 1980).

Considerando arbitrariamente P com sinal positivo, E com sinal negativo e Q positivo para o oceano e negativo para o continente, pode-se escrever a equação do balanço hídrico para condições estáticas (isto é, considerando o armazenamento constante) de acordo com Lima (2008) da seguinte forma:

$$P - E \pm Q = 0, \text{ equação 4.3.1.2}$$

Examinando a tabela 1, segundo Lima (2008), pode-se verificar que tanto a precipitação (P), quanto a evaporação (E) giram ao redor de $5 \times 10^3 \text{ km}^3$, o que equivale a uma cobertura uniforme da superfície da esfera terrestre de 973 mm.

Considerando apenas o processo de destilação atmosférica, isto equivale a dizer que seriam necessários 28 séculos para a ciclagem completa de todo o volume de água existente no ciclo

Verifica-se, ainda, que a precipitação média nos oceanos, Lima (2008) diz que é cerca de 3,5 vezes à dos continentes, e que a evaporação dos oceanos é cerca de 6 vezes a média dos continentes. Sobre os continentes P excede E em cerca de 4×10^4 km³/ano, equivalente à descarga anual dos rios, que por sua vez deve ser equivalente ao fluxo anual de vapor dos oceanos para os continentes.

4.3.2. Balanço Hídrico dos Continentes

Em escala menor, a Tabela 5 permite verificar o balanço hídrico médio anual para os vários continentes.

Tabela 05: Balanço hídrico médio dos continentes

Continente	Precipitação	Evaporação	Deflúvio
África	670	510	160
Ásia	610	390	220
Austrália	470	410	60
Europa	600	360	240
América do Norte	670	400	270
América do Sul	1350	860	490

FONTE: (TODD, 1970).

Em citação, Lima (2008) diz que a América do Sul, conforme mostra a Tabela 4, é o continente mais rico em recursos hídricos, em termos de disponibilidade de água superficial (deflúvio). A Austrália, por outro lado, é o continente mais pobre nesse sentido.

Diz ainda que, para o Brasil, considerando dados de 289 postos meteorológicos, cada um com uma média de aproximadamente 20 anos de observações, conforme publicado em C.W. Thornthwaite Associates (1965), os números da equação do balanço hídrico são conforme o esquema mostrado na Figura 1.



Figura 02: Balanço hídrico anual para o Brasil.

Fonte: Hidrologia Florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas (Walter de Paula Lima), 2008.

4.3.3. Balanço Hídrico das Bacias Hidrográficas

Em escala menor, o balanço hídrico se completa na bacia hidrográfica (unidade geomorfológica). Qualquer ponto da superfície faz parte de uma bacia hidrográfica. Desde os menores vales até a grande bacia amazônica, sempre existe uma discreta área de terreno que capta a água da chuva, perde água por evaporação, e produz o restante como deflúvio ou escoamento superficial (LIMA, 2008).

Ainda, conforme Lima (2008), considerando uma bacia hidrográfica ideal, isto é, onde todos os fluxos positivos e negativos possam estar sob controle experimental, e onde não ocorram vazamentos (L ou U), e nem perdas por percolação profunda (PP), para um dado período a equação completa acima pode ser simplificada de acordo com o seguinte modelo:

$$P - ET - Q \pm \Delta S = 0$$

Onde

P = Precipitação

ET = Evapotranspiração

Q = Deflúvio

ΔS = variação do armazenamento da água do solo.

4.4. Gestão de Recursos Hídricos

De acordo com o Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas (2006), estão instalados 160 Comitês de Bacias Hidrográficas Estaduais e 08 Comitês de Bacias Federais no País. Em São Paulo, a Política Estadual de Recursos foi instituída em 1991 sendo que a gestão dos comitês de Bacias ocorre de forma descentralizada por UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde se encontram instalados 21 Comitês de Bacias Hidrográficas (AZEVEDO, 2006).

Segundo Azevedo, 2006, a composição dos Comitês Paulista é tripartite, participam representantes dos Órgãos do Estado com atuação na Bacia Hidrográfica, entidades da Sociedade Civil (incluindo os usuários de recursos hídricos) e os Municípios cuja sede esteja na área da Unidade de Gerenciamento.

Ainda conforme o autor citado, o Comitê busca a integração entre os agentes que atuam na Bacia Hidrográfica, por meio de uma concepção política de gestão participativa, propiciando um espaço de discussão e consenso para a definição das ações estratégicas que visam à gestão ambiental integrada e estratégica da região.

Para garantir a exequibilidade desse processo, a Constituição Federal, promulgada em 1988 e a Constituição do Estado de São Paulo, promulgada em 1989, propõem o Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, com o objetivo de instituir um novo conceito de que a água é um bem público, dotado de valor econômico, considerando que existe uma história de décadas de exploração, fruto de um modelo administrativo baseado na cultura de abundância e da exploração indiscriminada, tornando este bem escasso em algumas regiões do País.

Na Constituição do Estado de São Paulo a temática dos recursos hídricos conduz para a gestão descentralizada, participativa e integrada em relação às peculiaridades das bacias hidrográficas. A partir da Lei Estadual 7663, promulgada em 1991, instituiu a Política de Recursos Hídricos. A Lei Estadual 9.034, do ano de 1994, aprovou o Plano Estadual de Recursos Hídricos e propôs a divisão do Estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI.

Atualmente o Estado conta com 21 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) legalmente constituídos (Figura 3). Com a instituição da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), o Estado de São Paulo passou a ser um dos pioneiros no país, inspirando outros Estados a seguirem o modelo. Um dos principais objetivos do SIGRH é

garantir a participação e a integração dos atores locais na busca do desenvolvimento sustentável, ou seja, o crescimento das populações e da economia em todas as regiões, a partir da discussão regional, respeitando o meio ambiente e preservando os recursos hídricos.

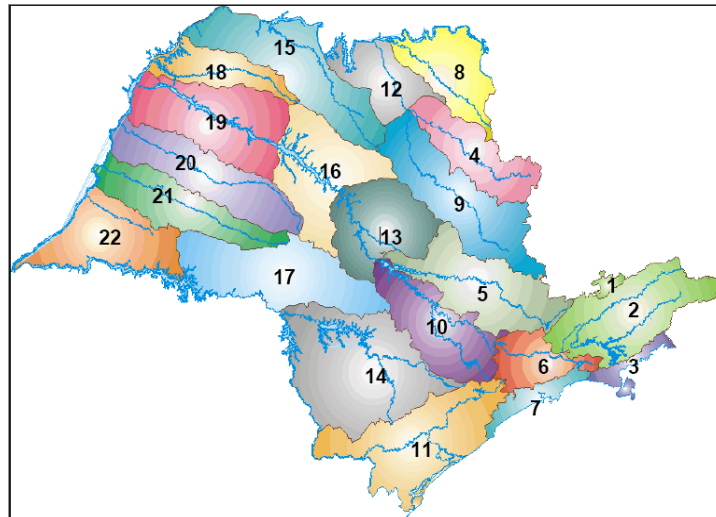


Figura 03: UGRHI: Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SP).
Fonte: Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo, Azevedo, 2006.

A Região Hidrográfica Aguapeí/Peixe pertence à Região Hidrográfica do Rio Paraná, segundo a divisão hidrográfica do Brasil adotada pelo IBGE e pela ANA. Apresenta extensão total de 23.965 km², correspondente a duas UGRHIs contíguas que integram o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP). A UGRHI 20-Aguapeí apresenta como principal curso d'água o Rio Aguapeí, formado pelo Rio Feio.

4.5. Aspectos Gerais sobre Legislação para Outorga de Uso da Água

A Lei federal 9.433, de 8/01/97, também conhecida como a Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e classificou a água como bem de domínio público (GERBER, 2002).

Essa lei, conforme Gerber, 2002, trouxe várias contribuições para o aproveitamento dos recursos hídricos, adequando a legislação aos conceitos de desenvolvimento sustentado, onde se fazem necessárias mudanças de paradigmas que possibilitem a sua implementação, permitindo a gestão integrada dos recursos hídricos.

Ainda, de acordo com Gerber, 2002, a Lei da Águas adotou a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, fazendo, assim, a descentralização das ações por intermédio dos Comitês de Bacia e Agências de Água, bem como permitindo a criação de condições para que a administração das águas ocorra de forma democrática, com ampla participação da sociedade e dos usuários.

Diz o citado autor que a Lei das Águas prevê, em seu texto, a criação dos Comitês de Bacias, para cada bacia hidrográfica (art.33), incorporando à política de desenvolvimento, a gestão dos recursos hídricos com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (art.1º, VI). O plano de bacia hidrográfica deve definir as prioridades para a outorga do direito de usos das águas (art.13).

Gerber, 2002, comenta que em um de seus instrumentos mais importantes, está o regime de outorga de direitos de uso das águas, cujo objetivo é o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (art.11).

Ocorre ainda, nessa lei federal, uma inovação prevista em seu artigo 19 que é a cobrança pelo uso da água. Assim, na tentativa de buscar a racionalização do uso de tal recurso e adquirir recursos financeiros, essa lei objetiva o reconhecimento da água como bem econômico. Ressalta-se que os recursos oriundos dessa cobrança deverão ser aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica de sua origem, conforme citado no artigo 22, permitindo um progresso ambiental na própria região.

Segundo essa lei, pode-se dizer que o disciplinamento dos Comitês de Bacia Hidrográficas ocorre conforme os artigos 37 e 38, assim como a criação das Agências de Água, que têm a função de Secretarias Executivas dos Comitês (art.41). No artigo 47 as organizações não-governamentais (ONGs) estão incluídas a fim de permitir a defesa de interesses mais amplos e de um grupo maior de pessoas da sociedade, como organizações civis de recursos hídricos.

Quando a lei trata das infrações e penalidades referentes aos usos de recursos hídricos (art. 49), fica previsto que, independentemente da responsabilidade pelos danos causados, haverá consequências como advertência, multa administrativa e embargo para os envolvidos direta ou indiretamente após apurada as responsabilidades.

Assim, importante instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, a outorga de direito de uso da água é uma autorização, mediante a qual o Poder Público outorgante faculta ao outorgado o uso da água, por prazo determinado, nos termos e condições expressas no respectivo ato. Para Granziera (2001, p.180), a outorga “é o

instrumento pelo qual o poder público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de utilizar privativamente o recurso hídrico.”

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (art.11, da Lei 9.433/97).

A outorga, considerada um instrumento de comando e controle, está condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos planos de bacias e deve respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção das condições adequadas ao transporte aquaviário, quando couber (art.13, da Lei nº 9.433/97).

Segundo Lanna (2000, p. 89):

“a função da outorga será ratear a água disponível entre as demandas existentes ou potenciais de forma a que os melhores resultados sejam gerados para a sociedade. Estes resultados poderão estar atrelados a contribuições ao crescimento econômico (abastecimento de uma fábrica), à equidade social (abastecimento público) e à sustentabilidade ambiental (manutenção de uma vazão mínima em um curso de água, ou seja, de uma "vazão ecológica").”

De acordo com o art.12, da Lei nº 9.433/97, os usos da água sujeitos à outorga pelo Poder Público são:

- ✧ derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- ✧ extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- ✧ lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- ✧ aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e
- ✧ outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Com relação a vazão de referência para outorga de direito de uso de água, ela está prevista no Plano de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, contido na Lei Estadual 9034/94. Em seu artigo 13, inciso II, diz: “a vazão de referência para orientar a outorga de direitos de uso de recursos hídricos será calculada com base na média mínima de 7 (sete) dias consecutivos e 10 (dez) anos de período de retorno e nas vazões regularizadas por reservatórios...”.

No artigo 14, onde diz: “Quando a soma das vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou em parte desta, superar 50% (cinquenta por cento) da respectiva vazão de referência, a mesma será considerada crítica e haverá gerenciamento especial...” subtende-se que a vazão de outorga será de 50% da vazão de referência, no caso, $Q_{7,10}$.

4.6. Cobrança do uso de água

A cobrança pelo uso da água se configura por vezes como o último instrumento de gestão dos recursos hídricos. Apesar disso, este tipo de cobrança já estava prevista no Código de Águas de 1934 e na Lei sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, de 1981. Este instrumento de gestão aparece ainda na Lei Estadual 7.663/91, na Lei Federal no 9.433/97 e em inúmeras outras leis estaduais promulgadas, estabelecendo um reforço institucional e jurídico para sua aplicação (Sigrh).

A criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH, em novembro de 1987, contribuiu decisivamente para a intensificação dos debates nesta área, já que define como seus objetivos a formulação da Política Estadual de Recursos Hídricos, a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos e a proposta de lei de instituição do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, objetivos estes constantes da Constituição Paulista de 1989, a qual prevê a cobrança pelo uso da água em seu artigo 211 (Sigrh).

O mecanismo de mercado, em presença de custos de transação, não é capaz de contabilizar os custos sociais que as decisões individuais de cada usuário dos recursos hídricos impõem aos demais.

Daí a necessidade de intervenção do poder público, através da cobrança pelo uso da água, como forma de racionalizar a utilização desses recursos, como condição suplementar de satisfazer aos usuários competidores, e garantindo assim uma maior

eficiência produtiva, elemento essencial para o desenvolvimento econômico integrado das regiões das bacias hidrográficas (GARRIDO, 1996).

Os quatro usos de água que podem ser cobrados são:

1. Uso da água disponível no ambiente (água bruta) como fator de produção ou bem de consumo final;
2. Uso de serviços de captação, regularização, transporte, tratamento e distribuição de água;
3. Uso de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (serviço de esgotamento);
4. Uso da água disponível no ambiente como receptor de resíduos.

Os usos 2 e 3 são comumente cobrados pelas companhias de saneamento; o 2 pelas entidades que gerenciam projetos públicos de irrigação. A oportunidade da cobrança dos usos 1 e 4 tem sido considerada nos processos de modernização dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e do ambiente realizados no âmbito federal e de alguns estados brasileiros. Eles já são objeto de cobrança em países que mais evoluíram nessa área, como é o caso da França. O uso da água disponível no ambiente, ou o uso de sua capacidade de assimilação de resíduos, não se constitui propriamente um bem ou serviço produzido pelo poder público. Porém, além de constituir um patrimônio público, o que justifica-se por sua cobrança, exige do poder público, para que assuma efetivamente o domínio da água em nome da sociedade, o exercício do seu gerenciamento de forma a viabilizar a harmonização entre as intenções de uso e a disponibilidades do meio. Isto se constituiria em um serviço (LANNA, 1995).

Em consonância com tal interpretação, a Política Nacional do Meio Ambiente tem como princípio a "*imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins* " (Lei 6.938 da Política Nacional de Meio Ambiente, art. 4º, VII).

Segundo Lanna (1995), existem quatro motivações para a cobrança:

1. Financeira:

- a) Recuperação de investimentos e pagamento de custos operacionais e de manutenção;
 - b) Geração de recursos para a expansão dos serviços.
2. Econômica: estímulo ao uso produtivo do recurso.
 3. Distribuição de renda: transferência de renda de camadas mais privilegiadas economicamente para as menos privilegiadas.
 4. Equidade social: contribuição pela utilização de recurso ambiental para fins econômicos.

Esses motivos, junto a necessidade de conservação do recurso hídrico, permitem ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos justificar qualquer cobrança junto a população. Espera-se que a cobrança do uso da água possa contribuir com uma mudança cultural, pois deve haver a sensibilização do real valor da água, promovendo seu uso racional com a redução de desperdícios e perdas. Pode-se esperar ainda, uma garantia de fornecimento de água, em padrões de qualidade e quantidade necessária para atendimento dos usos múltiplos e melhoria das condições ambientais e da qualidade de vida da população.

4.7. Estatística Descritiva: Medidas de Centro

Quando se descreve, explora e compara conjuntos de dados, estas características são, usualmente, de extrema importância: centro, variação, distribuição, outliers, mudanças ao longo do tempo. Deseja-se obter, de alguma maneira, um número que represente o valor central de um conjunto de dados. Os conceitos de média e mediana devem ser muito bem entendidos. Especificamente, devem ser bem conhecidos os métodos para se encontrar os valores da média e da mediana. Uma medida de centro é um valor no centro ou no meio do conjunto de dados (TRIOLA, 2008).

Há várias maneiras de se determinar o centro, de modo que se tem diferentes definições de medidas de centro, incluindo a média, a mediana, a moda e o ponto médio.

-Média (aritmética): para Triola (2008) é, em geral, a mais importante de todas as medidas numéricas usadas para descrever dados. Tem-se como definição da média aritmética de

um conjunto de valores a medida de centro encontrada pela adição dos valores e divisão do total pelo número de valores

Ainda, segundo Triola (2008), essa definição pode ser expressa como a fórmula abaixo, que usa a letra grega Σ (sigma maiúscula) para indicar que os valores de dados devem ser somados. Isto é, Σx representa a soma de todos os valores de dados. O símbolo n indica o tamanho amostral, que é o número de valores no conjunto de dados.

$$\text{Média} = \frac{\sum x}{n}, \text{ equação 4.7.1} \quad \square$$

Se a média é o resultado de todos os valores da população, então ela é representada por μ (letra grega minúscula “mi”).

4.8. Medidas de Variação

4.8.1. Desvio Padrão de uma Amostra: é a medida de variação que, em geral, é a mais importante e mais útil. O desvio padrão de um conjunto de valores amostrais é a medida da variação dos valores em torno da média. É uma espécie de desvio médio dos valores em relação à média, que é calculado pelas fórmulas abaixo (TRIOLA, 2008). Essas fórmulas são simplesmente a versão diferente uma da outra; elas são algebricamente idênticas.

$$\text{Fórmula a: } s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}, \text{ equação 4.8.1.1, desvio padrão amostral}$$

$$\text{Fórmula b: } s = \sqrt{\frac{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}, \text{ equação 4.8.1.2, fórmula abreviada para o desvio padrão amostral}$$

Veja importantes propriedades que são consequências do modo como foi definido o desvio padrão.

- O desvio padrão é uma medida da variação de todos os valores a partir da média.

- O valor do desvio padrão s é usualmente positivo. É zero apenas quando todos os valores dos dados são o mesmo número. (Ele nunca é negativo.) Também, maiores valores de s indicam maior variação.
- O valor do desvio padrão s pode crescer drasticamente com a inclusão de um ou mais outliers (valores de dados que estão muito afastados dos demais).
- As unidades do desvio padrão (tais como minutos, pés, libras e assim por diante) são as mesmas unidades dos dados originais.

Interpretação e Compreensão do Desvio Padrão:

Esta subseção é extremamente importante, porque mostrar-se-á um sentindo mais intuitivo do desvio padrão. Primeiro, deve-se entender claramente que o desvio padrão mede a variação entre valores. Valores muito próximos resultarão em desvios padrões pequenos, enquanto valores mais espalhados resultarão em desvios padrões maiores.

Uma ferramenta simples, mas um pouco grosseira, para se compreender o desvio padrão, conforme Triola (2008) é a regra empírica da amplitude, que se baseia no princípio de que, para muitos conjuntos de dados, a grande maioria (tal como 95%) dos valores amostrais se localiza a dois desvios padrões de média. (Pode-se melhorar a exatidão dessa regra levando em consideração fatores tais como tamanho da amostra e natureza da distribuição, mas, aqui, preferiu-se sacrificar a exatidão em favor da simplicidade. Também poder-se-ia usar três ou mesmo quatro desvios padrões em vez de dois, o que é uma escolha um tanto arbitrária. Mas deseja-se uma regra simples que ajude a interpretar os valores de desvios padrões.

4.8.2. Coeficiente de Variação

Como foi dito anteriormente que, por serem as unidades do desvio padrão as mesmas que as unidades dos dados originais, é mais fácil entender o desvio padrão do que a variância. Para Triola (2008), no entanto, aquela mesma propriedade torna difícil comparar a variação para valores originados de diferentes populações. Ao resultar em um valor que não tem unidade específica, o coeficiente de variação supera essa desvantagem.

Assim, o coeficiente de variação (ou CV) para um conjunto de dados amostrais ou populacionais não-negativos, expresso como um percentual, descreve o desvio padrão relativo à média e é dado pela seguinte expressão:

Amostra

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100, \text{ equação 4.8.2.1}$$

População

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100, \text{ equação 4.8.2.2}$$

4.9. Medidas de Posição Relativa

Aqui se introduz medidas que podem ser usadas para a comparação de valores de conjuntos de dados diferentes ou para a comparação de valores dentro de um mesmo conjunto de dados. Um desses conceitos é o de escore z, além do conceito de quartis e percentis.

4.9.1. Quartis e Percentis: Sabe-se que a mediana de um conjunto de dados é o valor do meio, de modo que 50% dos valores são iguais ou menores do que a mediana, e 50% dos valores são iguais ou maiores do que a mediana. Assim como a mediana divide os dados em duas partes iguais, os três quartis, representados por Q_1 , Q_2 e Q_3 , dividem os valores ordenados em quatro partes iguais (TRIOLA, 2008). Eis uma descrição dos três quartis, conforme *Triola*:

- Q_1 (Primeiro quartil): Separa os 25% inferiores dos valores ordenados dos 75% superiores. (Mais precisamente, no mínimo 25% dos valores ordenados são menores do que ou iguais a Q_1 , e no mínimo 75% dos valores são maiores do que ou iguais a Q_1).
- Q_2 (Segundo quartil): O mesmo que a mediana; separa os 50% inferiores dos valores ordenados dos 50% superiores.
- Q_3 (Terceiro quartil): Separa os 75% inferiores dos valores ordenados dos 25% superiores. (Mais precisamente, no mínimo 75% dos valores ordenados são

menores do que ou iguais a Q_3 , e no mínimo 25% dos valores são maiores do que ou iguais a Q_3 .)

Assim como há três quartis que separam um conjunto de dados em quatro partes, há também 99 percentis, representados por $P_1, P_2, \dots, P_{99}$, que dividem os dados em 100 grupos com cerca de 1% dos valores em cada um. (Os quartis e os percentis são exemplos de quantis, que dividem os dados em grupos com aproximadamente o mesmo número de valores) (TRIOLA, 2008). O processo para se encontrar o percentil que corresponde a determinado valor de x é bastante simples.

4.10. Correlação e Regressão Linear

Aqui se introduz o coeficiente de correlação linear r que, de acordo com o pensamento de Triola (2008), é uma medida numérica da força da relação entre duas variáveis que representam dados quantitativos. Usando dados amostrais emparelhados (algumas vezes chamados dados bivariados), encontrar-se-á o valor de r (usualmente, com auxílio de tecnologia) e a seguir, usar-se-á esse valor para concluir que há (ou não) uma relação entre duas variáveis. Esta se considerando apenas relações lineares, o que significa que, quando se constroem seus gráficos, os pontos se aproximam do padrão de uma reta. Como os programas de computador ou calculadoras são normalmente usados para o cálculo de r , é importante o foco nos conceitos e não em cálculos aritméticos.

4.11. Interpolação Linear

Interpolação é uma técnica para estimar valores de funções em pontos intermediários de intervalos, a partir de valores da função calculados nos extremos desses intervalos. Em análise numérica, a interpolação linear consiste em aproximar uma função num intervalo por uma função linear, ou seja, utilizando de polinômios de primeiro grau (SOUSA, 2007)

Suponha que se conhece a função f em apenas em $(n+1)$ pontos do intervalo $[a,b]$ e que pretende-se conhece-lá em qualquer outro ponto desse intervalo. Para tal, com base nos pontos conhecidos, deve-se construir uma função que “substitua” $f(x)$ dentro de um limite de precisão. Uma tal função designa-se por função aproximante.

A escolha da função aproximante é aqui um polinômio, mas poderia ser outra. Se se escolhesse funções racionais ter-se-ia interpolação racional, se se escolhesse funções exponenciais ter-se-ia interpolação exponencial.

4.12. Vazão mínima da média móvel de 7 dias consecutivos para um retorno de 10 anos, $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$

Toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo hídrico estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso.

As vazões de permanência são vazões associadas à determinada frequência de ocorrência. No estudo de mínimas, é a vazão relacionada com a porcentagem do tempo em que ela é igualada ou superada. Por exemplo, a $Q_{90\%}$ é a vazão que é igualada ou superada em 90% do tempo. A $Q_{95\%}$ é a vazão que é igualada ou superada em 95% do tempo.

Existem diferentes critérios para se definir a vazão de permanência para um determinado curso d'água. Essa vazão de permanência pode ser usada como vazão de referência para a concessão de outorgas. Ela pode mudar de um Estado para outro. Por exemplo, a Agência Nacional de Água adota como vazão máxima outorgável 70% da $Q_{95\%}$, enquanto que no Estado do Paraná é adotada como 50% da $Q_{95\%}$, conforme Decreto 4646/2001.

Além dessa vazão, tem-se o $Q_{7,10}$ que é a vazão mínima ecológica quando se considera que as condições ambientais do curso d'água são asseguradas. Esse valor de vazão é obtido por meio da análise estatística da série histórica de medidas de vazão, considerando a média de sete dias consecutivos e tempo de recorrência (probabilidade, em anos, para que um evento ocorra novamente) de dez anos (SMA).

O $Q_{7,10}$ é muito utilizado na avaliação de mananciais para abastecimento público, além de ser usada como vazão de referência para outorga, mas não leva em consideração critérios ambientais, nem econômicos. Para os Estados que adotam como vazão de referência a $Q_{7,10}$, também há diferença entre a porcentagem exigida, como pode ser visto no quadro abaixo.

Tabela 06: Vazão de outorga.

UF	VAZÃO MÁXIMA OUTORGÁVEL
MG	30% da $Q_{7,10}$
RJ	50% da $Q_{7,10}$
SP	50% da $Q_{7,10}$

Fontes: Minas Gerais – Portaria IGAM 10/98
 Rio de Janeiro – Portaria SERLA 307/02
 São Paulo – Lei 9.034/94

No Estado de São Paulo, a norma que define a vazão de referência é a Lei 9034, de 27 de dezembro de 1994, que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos. Ela define a vazão $Q_{7,10}$ como a vazão de referência. No artigo 14, está definida a porcentagem da vazão de referência que será tomada como situação crítica caso seja atingida: “Quando a soma das vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou em parte desta, superar 50% (cinquenta por cento) da respectiva vazão de referência, a mesma será considerada crítica e haverá gerenciamento especial...”.

A vazão mínima da média móvel de 7 dias consecutivos para um retorno de 10 anos foi calculada com base na distribuição de frequência de Gumbel. A Distribuição de Gumbel para valores mínimos, representa a parte inferior dos dados (x) e trata dos valores menos frequentes. A função acumulativa de probabilidade pode ser expressa por:

$$Q_{(7,T)} = \overline{Q_7} \times (1 \pm CV \times k), \text{ equação 5.6.1}$$

+ $\Rightarrow$ para valores máximos

- $\Rightarrow$ para valores mínimos

Constante de Gumbel – fator de frequência

$$k(T) = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(0,5772 + \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right), \text{ equação 5.6.2}$$

onde

T = período de retorno em anos.

Fazendo T = 10 (anos), tem-se:

$$Q_{(7,10)} = \overline{Q_7} \times (1 - 1,31 \times CV), \text{ equação 5.6.3}$$

onde

$\overline{Q_7}$ = média dos valores de Q_7 .

CV = coeficiente de variação.

5. Metodologia

Inicialmente, deu-se a busca de dados de vazão do rio Aguapeí e do rio do Peixe e seus afluentes. Esses dados foram encontrados no banco de dados do Estado de São Paulo disponível no endereço eletrônico www.sigrh.sp.gov.br. Assim, foram baixados quase totalmente os dados de vazões médias disponíveis. Em seguida, foram identificadas as estações que a sua localização estavam dentro das bacias Aguapeí e Peixe e selecionadas. Após essa seleção, restaram apenas 13 estações com dados para serem analisadas. Procedendo-se a uma análise, fez-se outra seleção levando em conta as séries de vazões mais longas existentes e também sua distribuição espacial dentro do território das bacias, optando, nesse caso, por estações bem espaçadas uma das outras. Ao final dessa seleção restaram 6 estações.

Os dados selecionados foram dispostos em planilhas do software Excel 2003, identificadas com o prefixo de cada estação. Essas planilhas continham séries históricas de vazões diárias de cursos d'água, além dos valores mínimos mensais de vazão, valores médios mensais de vazão e valores máximos mensais de vazão, sendo que os dados existentes estavam entre janeiro de 1967 e dezembro de 2003. Dessas, foram selecionadas, devido à sua distribuição espacial na área em estudo, 6 estações como representativas das duas bacias consideradas. São essas estações:

Na Bacia Hidrográfica do Rio Aguapeí:

Estação 6C-005, Posto Nova Fátima, Município de Guaimbê;
Estação 7C-002, Posto Fazenda Bom Retiro, Município de Luiziana e
Estação 8C-004, Posto Valparaíso/Adamantina, Município de Valparaíso.

Na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe:

Estação 7C-015, Posto Granja Ono, Município de Bastos;
Estação 7D-010, Posto Bairro São Geraldo, Município de Marília e
Estação 8C-007, Posto Fazenda São Luis, Município de Presidente Prudente.

Tabela 07: Postos fluviométricos.

Código do Posto	Manancial	Município	Bacia Hidrográfica	Área de Drenagem (Km²)	Período de dados	Entidade
6C-005	Rio Aguapeí/Feio	Guaimbê	Aguapeí	1092	1969-2003	DNAEE
7C-002	Rio Aguapeí/Feio	Luiziânia	Aguapeí	3670	1969-2003	DNAEE
7C-015	Ribeiro Copaiba	Bastos	Peixe	65	1985-2000	DNAEE
7D-010	Rio do Peixe /Ribeiro da Garça	Marília	Peixe	734	1967-2002	DNAEE
8C-004	Rio Aguapeí/Feio	Valparaíso	Aguapeí	8643	1971-2000	DNAEE
8C-007	Ribeiro do Mandaguari	Presidente Prudente	Peixe	700	1981-2003	DNAEE

Fonte: Sigrh-SP

Na figura 4 será apresentada a localização das estações escolhidas nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe para desenvolvimento desse estudo e também contém os mananciais aonde estão situadas as estações fluviométricas, além de seus respectivos nomes.

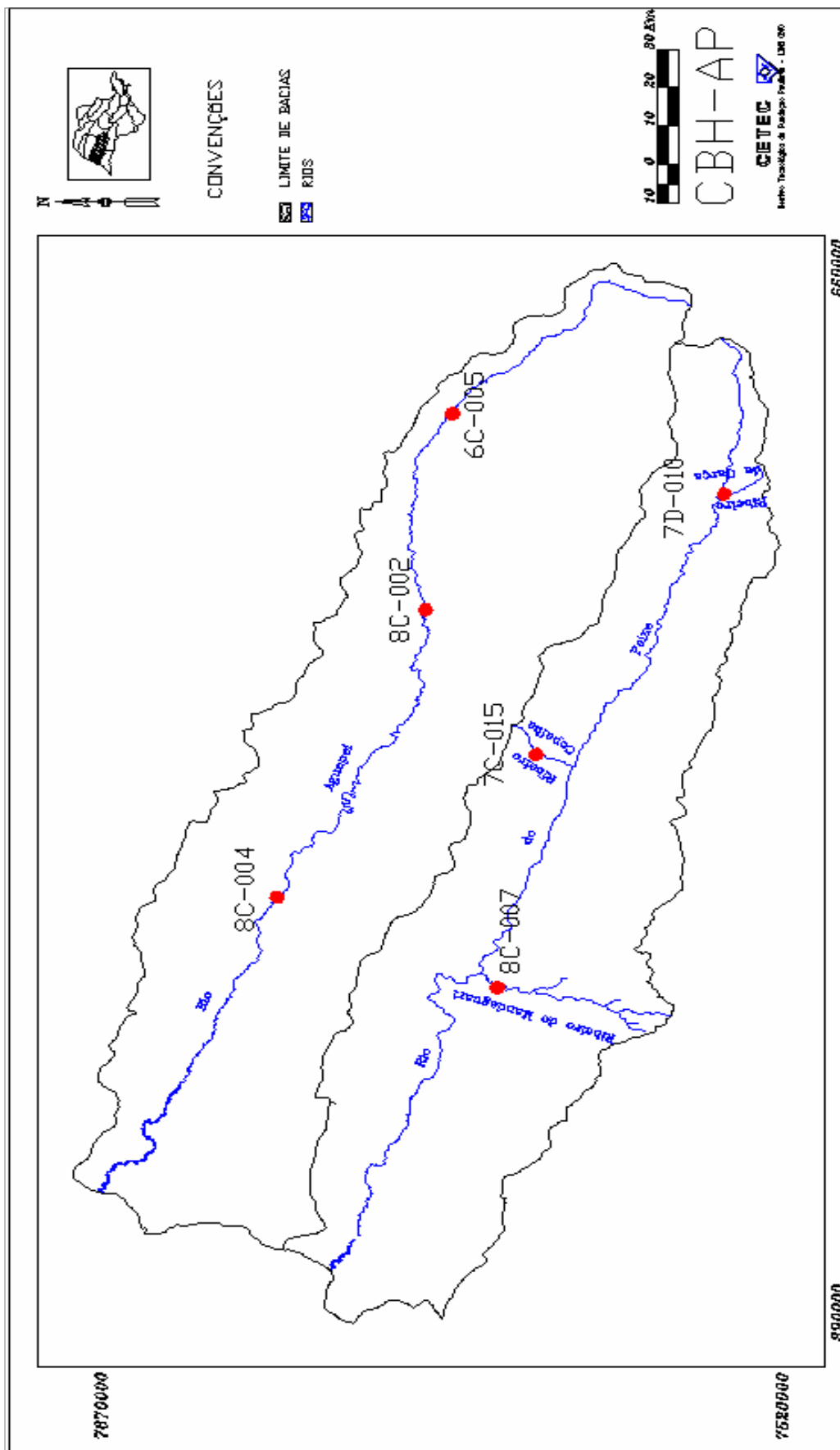


Figura 04: Mapa com estações fluviométricas e disposição dos mananciais.
Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica-AP, CETEC.

O próximo passo se deu pela montagem de uma planilha no software Excel capaz de calcular as médias móveis de 7 dias. Assim, para cada dia relacionado na série, foi calculado um valor de média móvel.

Depois, calculou-se os Q_7 de cada mês, ou seja, valores mínimos de cada mês das médias móveis de 7 dias. Esse cálculo se deu usando funções pré-definidas no Excel, nesse caso, a função “Mínimo” que retorna o menor valor para um conjunto de números relacionados.

Após calcular os valores de Q_7 , calculou-se o valor médio dos Q_7 de todas a série históricas de vazão e também o desvio padrão, simplesmente utilizando as funções pré-definidas no Excel. Outra medida de dispersão calculada foi o coeficiente de variação dividindo-se o desvio padrão pela média dos Q_7 . Assim, de posse desses valores, foi possível calcular o $Q_{7,10}$ da série histórica utilizando o coeficiente de variação e a média dos Q_7 .

5.1. Montagem das Planilhas para cálculo das médias móveis de 7 dias

Na linha 1, coluna A e B foram descritos a denominação Posto e o prefixo ANA, respectivamente, conforme encontrado os dados no site, por exemplo, Posto 7C-002. Na linha 2, coluna A, ficou para definir o ano em que se inicia a série de vazão. Na linha 2, coluna C até a coluna N, ficaram a denominação dos meses, desde janeiro até dezembro. Na linha 3, coluna A, pôs-se uma fórmula que recebe o valor de A2 sempre, sendo que a cada 31 linhas, a lacuna recebe novamente o valor de A2 acrescentado de 1;2;...;n conforme o tamanho da série. Na linha 3, coluna B, ficam os números correspondentes aos dias dos meses, iniciando em A3 com o valor 1, até 31, em A33. Em A34, novamente recebe o valor 1, e assim repetidamente de 1 a 31 até completar a quantidade necessária para receber toda a série. Agora, pode-se incluir os valores de vazão e posicioná-los na planilha, conforme exemplo abaixo, na figura 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Posto	7C-002													
2	1969	1	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
3	1969	1	41,1	14,7	32,2	11,8	9,24	12,4	12,4	9,43	7,8	31	29,1	34,3	
4		2	40,7	18,9	38,8	12,6	9,61	12,4	12,2	9,43	7,63	35,1	31,4	34,7	
5		3	36	18,2	39,3	15,1	11,1	15,2	11,8	9,61	7,63	35,7	17,8	33,9	
6		4	28,2	16,7	35,9	16,7	9,99	16	11,6	9,61	7,46	37,3	18,7	33,7	
7		5	23,7	15,8	35,5	15,5	12,6	15,3	11,4	9,8	7,63	45	18,1	33,7	
8		6	20,6	14,3	36,2	14	12	14,3	11,4	9,99	7,12	50	15,8	34,6	
9		7	19,7	12,8	37,5	14,5	11,2	14	11	11	8,15	50,3	13,4	31,9	
10		8	21,9	12,8	36,7	14,8	10,1	13,8	11	12,8	7,98	48,5	12,4	25,7	
11		9	17	16,9	34,4	14,3	9,61	13,6	11,2	12,6	7,98	46,7	14,6	22,8	
12		10	15,8	21,2	30,4	13,6	9,61	12,5	11	12,4	7,8	44,8	23	19,3	
13		11	18	23,5	26,6	13,2	9,61	12	10,8	11,2	7,98	43,5	26,9	16,9	
14		12	20,6	23,3	23,6	12,6	9,61	11,6	11	10,6	7,8	37,2	30,8	21,7	
15		13	21,6	23	18,9	12,6	9,61	11,4	11,6	10,2	7,63	30,9	45,1	28,1	
16		14	19,7	25,4	16,6	12	9,61	10,4	13,4	9,61	7,63	24,9	55,2	27,7	
17		15	17,8	22,6	15,6	10,5	9,43	10,4	14,9	9,43	7,63	20,2	53,9	28,6	
18		16	18,1	21	14,3	11,8	9,43	10,4	15,6	9,06	7,46	16,6	51	26,2	
19		17	22,4	20	13,8	11,2	9,43	11	15,3	8,87	7,12	14,7	49,7	23,2	
20		18	21,7	20,1	13	10,6	9,24	10,8	14,7	8,87	6,95	14,5	50,4	18,5	
21		19	23,2	23,3	12,2	10,2	9,24	10,6	13,5	8,69	6,78	14	50,3	15,6	
22		20	23,3	36	11,8	9,61	9,24	10,4	12,6	8,69	8,24	13,2	50,5	14,4	
23		21	21,9	43	11,6	9,61	9,24	10,7	12	8,51	8,69	13,2	51,4	13,2	
24		22	18	43,8	11,4	9,8	9,24	19,5	11,8	8,51	9,61	12,4	53,4	11,8	
25		23	20,7	39,3	11,6	9,8	9,24	20,7	11,6	8,51	9,43	12,9	56,5	11,4	
26		24	24,3	33,3	11,9	10,4	9,43	20,7	11,4	8,51	8,87	16,5	60,1	11	
27		25	25,8	34,6	12,2	11	9,8	18,9	10,8	8,51	8,15	16,5	61,1	11	
28		26	24,8	35,7	12,2	10,6	11	16,6	10,6	8,51	7,63	15,5	58	10,8	
29		27	19,7	35	12,2	9,8	11,8	15,2	10,2	8,51	7,63	13,8	50,1	10,2	
30		28	17,7	32,5	12,6	9,43	12,2	13,8	9,99	8,33	7,8	12,8	38,6	9,61	
31		29	16,7	---	12,8	9,06	12,2	13	9,8	8,15	9,89	12	27	9,06	
32		30	16,7	---	12,4	8,87	12,2	13	9,61	8,15	19,4	11,2	25,9	9,06	
33		31	15,9	---	12	---	12,4	---	9,24	7,8	---	21,2	---	15	
34	1970	1	24,2	26,7	106	16,5	14,4	14	19,9	12,6	27,3	14,1	11	16,2	
35		2	30,8	26,6	93,3	16,5	14,3	13,9	19,3	12,5	26,8	17,9	10,8	17,7	

Figura 05: Exemplo de Planilha elaborada para conter a série de vazão

A próxima etapa foi determinar um modo de calcular as médias móveis de 7 dias. Esses cálculos foram feitos na mesma planilha onde estavam dispostos os valores da série de vazão. Mais precisamente, começando pela linha 2, coluna S. A partir dessa célula, fez-se a relação de meses de janeiro a dezembro. Assim, aplicou-se funções em cada célula a fim de calcular as médias, sendo que o valor de cada célula correspondeu a média de 6 dias anteriores a ela mais o valor correspondente àquela célula, completando os sete valores de vazão. Assim, na célula S9, por exemplo, onde foi calculado o primeiro valor de média móvel para a série apresentada nas figuras, tem-se o valor 30 que corresponde a média entre C3 até C9, já célula S10 tem um valor correspondente a média entre C4 até C10. Observa-se que as células S3 até S8 estão vazias, sem valor correspondente. Isso se deve ao fato de que é impossível calcular a média móvel de 7 dias referente a essas células já que não há sete valores anteriores para cada uma dessas células, pois a série se inicia em 1º de janeiro.

Assim, essa planilha foi calculada desde o início da série até seu fim, sempre tomando os 6 valores correspondentes as células imediatamente anteriores a célula em questão mais o valor na planilha correspondente a própria célula, conforme segue exemplo abaixo, na figura 6:

=AVERAGE(N11:N17)																									
J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE				
ago	set	out	nov	dez						jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	O7			
9,43	7,8	31	29,1	34,3						18	33,8	12,2	9,5	12	14	9,83	8,18	13,9	16,5	39	7,31				
9,43	7,63	35,1	31,4	34,7						17,2	34,6	12,3	9,34	12,2	13,3	9,67	8,05	18,5	18,8	35,1					
9,61	7,63	35,7	17,8	33,9						17	35,7	12,7	9,54	12,7	12,7	9,59	7,93	23,1	19,3	32,4					
9,61	7,46	37,3	18,7	33,7						16,8	36,5	13,3	9,64	13,2	12,3	9,53	7,8	28,1	20,2	31,6					
9,8	7,63	45	18,1	33,7						16,7	36,3	13,7	10,2	13,7	12	9,53	7,73	33,9	21,1	32,7					
9,99	7,12	50	15,8	34,6						16,3	36,3	13,9	10,7	14	11,8	9,59	7,58	39	21,7	34,2					
11	8,15	50,3	13,4	31,9						30	15,9	36,5	14,3	10,8	14,2	11,6	9,83	7,63	40,6	20,6	33,8				
12,8	7,98	48,5	12,4	25,7						27,3	15,6	37,1	14,7	10,9	14,4	11,4	10,3	7,66	43,1	18,2	32,6				
12,6	7,98	46,7	14,6	22,8						23,9	15,3	36,5	15	10,9	14,6	11,3	10,8	7,71	44,8	15,8	30,9				
12,4	7,8	44,8	23	19,3						21	15,8	35,2	14,8	10,7	14,2	11,2	11,2	7,73	46,1	16,5	28,8				
11,2	7,98	43,5	26,9	16,9						19,5	16,7	33,9	14,3	10,7	13,6	11,1	11,4	7,81	47	17,7	26,4				
10,6	7,8	37,2	30,8	21,7						19,1	17,8	32,2	13,8	10,2	13,1	11	11,5	7,83	45,9	19,5	24,7				
10,2	7,63	30,9	45,1	28,1						19,2	19,1	29,7	13,6	9,9	12,7	11	11,5	7,9	43,1	23,7	23,8				
9,61	7,63	24,9	55,2	27,7						19,2	20,9	26,7	13,3	9,68	12,2	11,4	11,3	7,83	39,5	29,7	23,2				
9,43	7,63	20,2	53,9	28,6						18,6	22,3	23,7	12,7	9,58	11,7	12	10,8	7,78	35,5	28,6	23,6				
9,06	7,46	16,6	51	26,2						18,8	22,9	20,8	12,3	9,56	11,2	12,6	10,3	7,7	31,2	40,8	24,1				
8,87	7,12	14,7	49,7	23,2						19,7	22,7	18,5	11,9	9,53	11	13,2	9,84	7,61	26,9	44,7	24,6				
8,87	6,95	14,5	50,4	18,5						20,3	22,2	16,5	11,6	9,48	10,8	13,8	9,51	7,46	22,7	48	24,9				
8,69	6,78	14	50,3	15,6						20,6	22,2	14,9	11,2	9,43	10,7	14,1	9,24	7,31	19,4	50,8	24				
8,69	8,24	13,2	50,5	14,4						20,9	24	13,9	10,8	9,37	10,5	14,3	9,03	7,4	16,9	51,6	22				
8,51	8,69	13,2	51,4	13,2						21,2	26,6	13,2	10,5	9,32	10,6	14,1	8,87	7,55	15,2	51	19,9				
8,51	9,61	12,4	53,4	11,8						21,2	29,6	12,6	10,4	9,29	11,9	13,6	8,74	7,84	14,1	51	17,5				
8,51	9,43	12,9	56,5	11,4						21,6	32,2	12,2	10,1	9,27	13,4	13	8,66	8,12	13,5	51,7	15,4				
8,51	8,87	16,5	60,1	11						21,9	34,1	11,9	9,99	9,27	14,8	12,5	8,61	8,37	13,8	53,2	13,7				
8,51	8,15	16,5	61,1	11						22,5	36,2	11,8	10	9,35	15,9	11,9	8,56	8,54	14,1	54,8	12,6				
8,51	7,63	15,5	58	10,8						22,7	37,9	11,8	10,1	9,59	16,8	11,5	8,54	8,66	14,3	55,9	11,9				
8,51	7,63	13,8	50,1	10,2						22,2	37,8	11,8	10,1	9,95	17,5	11,2	8,51	8,57	14,4	55,8	11,3				
8,33	7,8	12,8	38,6	9,61						21,6	36,3	12	10,1	10,4	17,9	10,9	8,48	8,45	14,3	54	10,8				
8,15	9,89	12	27	9,06						21,4	35,1	12,2	10	10,8	17	10,6	8,43	8,49	14,3	50,2	10,4				
8,15	19,4	11,2	25,9	9,06						20,8	34,2	12,3	9,87	11,2	15,9	10,3	8,38	9,91	14	45,8	10,1				
7,8	---	21,2	---	15						19,6	34,4	12,3	9,78	11,6	15,1	10	8,28	10,1	14,7	43,5	10,7				
12,6	27,3	14,1	11	16,2						12,6	21	134	18,4	14,6	14,7	21,2	13	21,7	15,2	12,5	10,7	9,6			
12,5	26,8	17,9	10,8	17,7						15,4	21,2	116	17,8	14,5	14,5	20,5	12,9	23,9	15,3	12	12,1				

Figura 06: Exemplo de planilha elaborada para conter o resultado das médias móveis de 7 dias.

No caso das planilhas de correlação linear, fez-se outra tabela no mesmo arquivo, chamada de “post-y”. Assim, a primeira tabela chamou-se “post-x” e sendo feita a correlação com a tabela *post-y*. Os valores do coeficiente de correlação linear ou R^2 foram calculados numa terceira tabela, chamada de “reg”. Enquanto *post-x* recebeu os valores de vazão da série de uma determinada estação ou posto, *post-y* recebeu os valores de vazão de uma outra estação.

Assim, fez-se os mesmos cálculos em *post-y* feitos em *post-x*, ou seja, fez-se os cálculos das médias móveis de 7 dias. Já em *reg*, conforme se adicionou os valores das séries históricas em *post-x* e *post-y*, verificava-se os valores de R^2 , a fim de entender se havia correlação linear entre os dados das duas tabelas. Caso os valores de R^2 fossem em média maiores que 0,7, então considerou-se que havia uma boa correlação linear entre os dados. Caso contrário, não havia correlação.

Após verificar uma correlação entre os dados de duas estações, deu-se prosseguimento aos cálculos. O primeiro cálculo realizado após essa etapa foi o do q_7 anual das séries. Assim, na célula AE3, tem-se o primeiro valor de q_7 , calculado a partir da fórmula mínimo valor entre as células S3 até AD33. Dessa forma, esse valor corresponde ao menor valor encontrado entre as médias móveis de 7 dias do primeiro ano da série histórica de vazão. A cada 30 células, na coluna AE, foi calculado os valores de q_7 , ano

por ano de cada série histórica. Sendo assim, tanto em *post-x* quanto em *post-y*, foram feitos os cálculos de q_7 .

Para as séries incompletas, ou seja, com células vazias, foram feitos cálculos a fim de determinar valores que preenchessem essas células, utilizando regressão linear, pois, havendo falha de valores em células consecutivas maior ou igual a 7 dias, não era possível calcular o q_7 para o ano em que as falhas se apresentavam.

Nas células vazias, foram postas fórmulas que na verdade eram polinômios de primeiro grau, onde os coeficientes da reta foram determinados na tabela *reg*, assim como R^2 . A variável x utilizada nesses polinômios de primeiro grau foi os valores de *post-x*, correspondentes as células de *post-y*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	mes	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2	a	0,33	0,33	0,31	0,33	0,29	0,34	0,31	0,34	0,32	0,28	0,29	0,36
3	b	-2,6	-1,3	-0,4	-1,6	-0	-1,6	-0,7	-1,2	-0,9	-0	-0	-2,7
4	r^2	0,63	0,6	0,48	0,67	0,76	0,82	0,84	0,85	0,76	0,78	0,59	0,77
5													
6				reta	Estação 7C-002 e 6C-005								
7				y = ax + b									
8													
9													

Figura 07: Exemplo da tabela *reg* com valores dos coeficientes da reta e R^2 .

Observando a figura abaixo, verifica-se a forma como foi utilizado esses valores em *post-y*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
437	1983	1	19,6	32,61	18,72	15,13	22,52	64,89	16,39
438		2	20,94	42,81	23,82	15,03	20,49	74,75	15,95
439		3	19,95	42,41	27,73	14,93	17,59	52,45	15,66
440		4	17,62	40,39	27,73	14,82	15,97	56,93	15,37
441		5	17,07	34,59	29,65	14,72	14,87	55,26	14,98
442		6	20,87	31,72	47,39	14,62	14,03	44,66	14,51
443		7	24,14	31,4	42,74	14,52	13,77	44,45	14,04

Figura 08: Exemplo de fórmula para cálculo de valor de vazão em célula vazia.

Observa-se que o valor da célula D439, antes vazia, foi calculado através da fórmula indicada entre linhas vermelhas na figura logo acima. Os valores dos

coeficientes estão de acordo com a figura 6, onde o valor do coeficiente “a” é 0,33 para o mês de fevereiro e o coeficiente “b” é -1,28. Veja que a variável, nesse caso, é o valor da célula D439 da tabela *post-x* que resultou no valor 42,41 na tabela *post-y*. Dessa forma, as séries de vazão incompletas foram preenchidas, permitindo o cálculo dos q_7 .

Em seguida, fez-se o cálculo da média dos q_7 , desvio padrão, coeficiente de variação e $Q_{7,10}$. A média dos q_7 foi calculada usando a fórmula existente no software Excel, sendo a média entre as células AE3 e AEfim_da_série_histórica. Logicamente, o desvio padrão calculado é em relação aos valores de q_7 e, por consequência, o coeficiente de variação está relacionado também ao q_7 . O coeficiente de variação é o resultado da divisão do desvio padrão pela média. Já o $Q_{7,10}$ é calculado usando a metodologia de distribuição de probabilidade de Gumbel. Este método relaciona a média dos q_7 com o coeficiente de variação e uma constante $k=1,31$.

5.2. Procedimento para cálculo de Q_{90} e Q_{95} :

Por fim, foram feitos os cálculos dos percentis Q_{90} e Q_{95} . Esses percentis foram calculados para todos os valores da série de cada mês do ano. Por isso, na célula Q3, o valor nela existente, 22,42, corresponde ao valor que aproximadamente divide 90% dos valores de vazão da série maiores que ele e 10% dos valores de vazão menores que ele. O cálculo do Q_{90} foi feito usando a fórmula existente no Excel, para cada mês incluindo os valores da série inteira. Por isso, a fórmula que se apresenta na figura abaixo representa os valores de C3 até C2017, nesse último caso um valor superestimado, mas que não altera o resultado real. Após calcular os valores de Q_{90} da série para cada mês, fez-se o cálculo de um Q_{90} anual que corresponde a um valor que divide aproximadamente os dados da série histórica de vazão em dois grupos: um correspondente a 90% dos maiores valores de vazão e outro correspondente a 10% dos menores valores de vazão. O $Q_{90 \text{ anual}}$ corresponde a um valor para a série inteira, por isso ele abrange, em sua fórmula, desde a célula C3 até N2017, sendo que novamente o valor 2017 está superestimado, mas não há influência sobre o real resultado.

02 e 6C-005 Q90 e Q95-nova

File Format Tools Data Window Help

fx =PERCENTILE(C3:C2017;0,1)

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
							7C-002	Q90							
jul	ago	set	out	nov	dez		jan	22,42		jan	fev	mar	abr	mai	jun
12,4	9,43	7,8	31	29,1	34,3		fev	24,63			18	33,8	12,2	9,5	12
12,2	9,43	7,63	35,1	31,4	34,7		mar	26,34			17,2	34,6	12,3	9,34	12,2
11,8	9,61	7,63	35,7	17,8	33,9		abr	18,79			17	35,7	12,7	9,54	12,7
11,6	9,61	7,46	37,3	18,7	33,7		mai	19,00			16,8	36,5	13,3	9,64	13,2
11,4	9,8	7,63	45	18,1	33,7		jun	19,25			16,7	36,3	13,7	10,2	13,7
11,4	9,99	7,12	50	15,8	34,6		jul	18,08			16,3	36,3	13,9	10,7	14
11	11	8,15	50,3	13,4	31,9		ago	16,93		30	15,9	36,5	14,3	10,8	14,2
11	12,8	7,98	48,5	12,4	25,7		set	15,73		27,3	15,6	37,1	14,7	10,9	14,4
11,2	12,6	7,98	46,7	14,6	22,8		out	15,95		23,9	15,3	36,5	15	10,9	14,6
11	12,4	7,8	44,8	23	19,3		nov	15,40		21	15,8	35,2	14,8	10,7	14,2
10,8	11,2	7,98	43,5	26,9	16,9		dez	18,85		19,5	16,7	33,9	14,3	10,7	13,6
11	10,6	7,8	37,2	30,8	21,7		anual	17,84		19,1	17,8	32,2	13,8	10,2	13,1
11,6	10,2	7,62	39,9	16,1	29,1					19,2	19,1	30,7	13,6	9,9	12,7

Figura 09: Exemplo de fórmula do cálculo de Q₉₀.

O Q₉₅ é um valor de percentil muito parecido com o Q₉₀. A diferença é que o valor determinado indica que os valores de vazão maiores que ele corresponde a 95% dos dados aproximadamente, enquanto que aproximadamente 5% dos valores de vazão são menores do que o valor calculado. Esses valores foram calculados nas células AH2 até AH14, começando com os valores para cada mês e terminando com um valor anual, exatamente como foi feito para Q₉₀, conforme figura 10.

5.3. Procedimento para cálculos por Interpolação Linear

Com relação à interpolação linear, é um procedimento bastante simples. Optou-se por utilizá-la apenas em lugares onde a sequência de lacunas não ultrapasse 15, pois, assim, a estimativa se torna mais próximo da realidade.

Veja na figura 10 abaixo retirada da tabela da estação 7C-015, um exemplo. A fórmula indicada entre linhas se refere ao resultado da lacuna C266. O valor 0,044 é resultado da subtração entre 1,31 (lacuna C260) e 0,87 (lacuna C270), pois entre estas duas lacunas não havia dados, o que impedia o cálculo das média móveis de 7 dias. O resultado da subtração divide-se pelo número de lacunas mais 1. O resultado da divisão é o valor a ser somado ao menor número da interpolação, nesse caso, 0,87 ou subtraído do maior número da interpolação, nesse caso, 1,31. Se escolheu subtrair então deve-se sempre subtrair dos resultados obtidos o valor da interpolação, que nesse caso, vale 0,044. Assim, subtraindo 0,044 de 1,31, obtém-se 1,27. Subtraindo 0,044 de 1,27 obtém-se 1,22, até subtrair o último valor antes de se obter 0,87.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
250		31	0,57	—	1,09	—	0,85	—	0,61	0,77	—	0,79	—	0,89		
251	1993	1	0,87	0,83	1,11	1,16	0,68	0,74	0,65	0,72	0,68	0,77	0,7	0,58		
252		2	0,83	1,02	1,07	1,25	0,7	0,74	0,68	0,68	0,68	0,77	0,68	0,54		
253		3	0,79	1,11	1,11	0,98	0,72	0,77	0,67	0,68	0,68	0,65	0,58	0,51		
254		4	0,79	1,04	1,09	0,98	0,72	1,75	0,65	0,65	0,68	0,61	0,54	0,47		
255		5	0,85	1,16	1,29	0,93	0,96	1,18	0,63	0,65	0,65	0,65	0,51	0,51		
256		6	0,85	0,93	0,91	0,87	0,83	0,83	0,61	0,65	0,63	0,65	0,87	0,54		
257		7	0,89	1,6	0,89	0,83	0,72	0,81	0,63	0,61	0,61	0,61	1,02	0,56		
258		8	0,87	1,16	0,89	0,89	0,72	0,77	0,65	0,61	0,65	0,58	0,74	0,53		
259		9	1,16	1,25	0,87	1	0,72	0,77	0,65	0,65	0,68	0,54	0,65	0,49		
260		10	1,31	1,2	0,85	0,96	0,72	0,77	0,63	0,68	0,7	0,54	0,6	0,6		
261		11	1,27	1,04	0,79	0,89	0,72	0,85	0,61	0,68	0,72	0,53	0,56	0,85		
262		12	1,22	0,96	0,74	0,83	0,72	0,72	0,61	0,65	0,68	0,51	0,56	0,83		
263		13	1,18	0,87	0,74	0,89	0,68	0,68	0,65	0,65	0,63	0,51	0,58	0,58		
264		14	1,13	0,96	0,77	0,83	0,87	0,68	0,68	0,68	0,89	0,54	0,54	0,61		
265		15	1,09	0,96	0,74	0,74	0,83	0,68	0,65	0,96	0,85	0,6	0,54	0,56		
266		16	1,05	0,93	0,72	0,77	0,77	0,68	0,61	0,81	0,7	0,6	0,51	0,83		
267		17	1	0,89	0,74	0,79	0,77	0,68	0,65	0,72	0,65	0,56	0,56	0,63		
268		18	0,96	2,35	0,72	0,72	0,72	0,87	0,68	0,72	0,61	0,53	0,63	0,53		
269		19	0,91	1,27	0,87	0,67	0,72	0,81	0,72	0,87	0,63	0,53	0,67	0,65		
270		20	0,87	1,62	0,89	0,65	0,72	0,77	0,77	0,74	0,67	0,54	0,56	0,63		
271		21	0,87	1,6	1,82	0,79	0,72	0,72	0,7	0,79	0,56	0,49	0,56			
272		22	0,83	1,87	1,09	0,74	0,68	0,68	0,67	0,67	0,7	0,77	0,51	0,49		
273		23	0,91	1,46	1,25	0,91	0,68	0,68	0,65	0,83	0,68	0,74	0,54	0,53		
274		24	0,87	1,13	0,91	0,83	0,68	0,68	0,68	1,57	0,91	0,67	0,54	0,58		
275		25	1,11	1,04	0,83	0,77	0,72	0,65	0,7	0,79	0,74	0,81	0,63	0,63		
276		26	0,89	1	0,89	0,7	0,72	0,65	0,72	0,7	0,67	0,87	0,63	0,74		
277		27	0,89	0,96	0,87	0,7	0,72	0,65	0,7	0,68	0,93	0,83	0,56	0,63		
278		28	0,89	1,02	0,85	0,72	0,68	0,63	0,68	0,65	0,68	0,67	0,54	0,87		

Figura 10: Exemplo de cálculo por interpolação linear

6. Resultados

A seguir serão apresentados tabelas contendo os valores de Q_7 nas séries históricas das estações que fazem parte desse estudo.

6.1. Vazão mínima da média móvel de 7 dias: Os valores apresentados na tabela abaixo são da estação 6C-005, rio Aguapeí, município de Guaimbê. São apresentados os Q_7 mínimos, ou seja, valores mínimos anuais das médias móveis de 7 dias. A série se inicia em 1969 e se estende até 1997 com alguns anos com falha de dados. Os dados com uma estrela (*) indicam que o cálculo de Q_7 dependeu parcialmente de regressão linear, ou seja, o ano em questão possuía registro de dados, mas estava incompleto, o que impediria de se calcular as médias móveis de 7 dias e, consequentemente, o Q_7 .

Já os valores que acompanham duas estrelas (**) indicam valores que o cálculo de Q_7 dependeu totalmente de regressão linear. Para esses anos, não havia nenhum

registro de dados, mas, devido ao método da regressão linear, após constatado correlação linear entre a estação 7C-002 e a estação 6C-005, pode-se estimar valores de vazão na série histórica, permitindo o cálculo dos Q_7 anuais desde 1969 até 2003.

Tabela 08: Q_7 da estação 6C-005

Estação fluviométrica 6C-005			
Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$	Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$
1969	2,72*	1987	4,56**
1970	3,16	1988	2,37**
1971	2,86	1989	4,98**
1972	3,97	1990	4,42*
1973	3,51	1991	4,33*
1974	3,82	1992	6,63*
1975	3,64	1993	6,18
1976	8,99	1994	4,61
1977	5,05	1995	4,54*
1978	5,3	1996	5,59*
1979	3,69	1997	5,65*
1980	4,43	1998	5,29**
1981	4,04	1999	3,59**
1982	5,1*	2000	4,71**
1983	8,88**	2001	5,52**
1984	4,4*	2002	4,34**
1985	2,66**	2003	3,7**
1986	3,36**		

Repara-se que os valores de Q_7 calculados com alguma dependência da regressão linear são coerentes com os Q_7 determinados sem nenhuma dependência da regressão linear. O menor valor sem nenhuma dependência da regressão foi 2,86 enquanto com dependência foi de 2,37. O maior valor sem e com dependência foi, respectivamente, 8,99 e 8,88. É possível verificar que não nenhuma grande discrepância nesses valores.

Deve-se analisar o R^2 , que representa o grau de correlação que existe entre duas variáveis. No caso desse trabalho, adotou-se o $R^2 \geq 0,7$ como sendo uma boa correlação entre os dados de vazão. Senão, se $R^2 < 0,7$, a correlação não foi considerada boa. O valor 0,7 escolhido para determinar ou não uma boa correlação é um valor empírico.

No caso dos dados da estação 6C-005, a correlação linear foi feita com os dados da estação 7C-002. Veja abaixo os valores de R^2 para esta correlação.

Tabela 09: coeficientes de correlação linear entre as estações 7C-002 e 6C-005.

Correlação entre os dados das estações 7C-002 e 6C-005												
mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
a	0,333	0,332	0,311	0,334	0,288	0,344	0,312	0,338	0,315	0,278	0,294	0,364
b	-2,64	-1,28	-0,44	-1,59	-0,04	-1,62	-0,72	-1,24	-0,86	-0	-0,04	-2,65
r²	0,633	0,596	0,478	0,668	0,764	0,824	0,84	0,851	0,759	0,775	0,589	0,769

Percebe-se que, dos 12 meses, a correlação é boa para 7 meses, nos quais os valores de R^2 são maiores que 0,7. Mesmo para os meses onde a correlação não era boa, foram feitos os cálculos para preenchimento das lacunas vazias na série histórica de vazão da estação 6C-005.

Por ser uma correlação linear, obviamente, os valores da tabela acima, representam os coeficientes de uma equação de primeiro grau, do tipo $y=ax+b$. Nesse caso, entre as estações 7C-002 e 6C-005, os dados de vazão da estação 7C-002 foram usados como variável x , e os valores resultantes da equação eram os valores que preencheriam as lacunas na série histórica de 6C-005.

Como a única série histórica desse estudo que não tinha lacunas a serem preenchidas era a da estação 7C-002, os seus dados Q_7 calculados não dependem de regressão linear.

Tabela 10: Q_7 da estação 7C-002.

Estação fluviométrica 7C-002			
Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$	Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$
1969	7,31	1987	16,4
1970	9,6	1988	13,9
1971	9,52	1989	17,8
1972	14,8	1990	18,4
1973	15,7	1991	16,4
1974	17,4	1992	22
1975	13,7	1993	20,8
1976	31,3	1994	18,3
1977	20,1	1995	18,7
1978	20,8	1996	17,6
1979	17	1997	20,5
1980	17,9	1998	21,8
1981	16,4	1999	17,3
1982	19,5	2000	16,6
1983	30	2001	19,4
1984	15,3	2002	15,5
1985	12,7	2003	13,5
1986	13,6		

Houve, ainda, correlação entre mais duas estações sendo elas a 7C-011 e 8C-004. Os dados da estação 7C-011 não foram aproveitados nesse trabalho por causa de sua localização espacial ser muito próxima a estação 7C-002. Mas foi utilizado na correlação com estação 8C-004, pois foi a única a apresentar resultados satisfatórios.

Tabela 11: Q_7 da estação 8C-004.

Estação fluviométrica 8C-004			
Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$	Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$
1971	21,8	1986	23,1
1972	30,1	1987	30,6
1973	29,1	1988	26,4
1974	32,7	1989	32,4
1975	30,4	1990	33,2
1976	66,2	1991	33
1977	39,5	1992	42,1
1978	39,9	1993	43,4
1979	33,2	1994	33,8*
1980	34,6	1995	31**
1981	32,1	1996	38**
1982	38	1997	40,3
1983	68,8	1998	49
1984	31,4	1999	21,1**
1985	26,4	2000	30,9**

É possível observar que o Q_7 de 4 anos da série histórica da estação 8C-004 depende totalmente de correlação linear e somente 1 ano depende parcialmente. Os valores dos anos de 1994, 1995, 1996, 1999 e 2000 são Q_7 aceitáveis, já que não são discrepantes em relação aos demais Q_7 .

A seguir, observam-se os valores de R^2 da correlação entre as estações 7C-011 e 8C-004.

Tabela 12: coeficientes de correlação linear entre as estações 7C-011 e 8C-004.

Correlação entre os dados das estações 7C-011 e 8C-004												
mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
a	1,55	1,62	1,17	1,17	1,3	1,18	1,33	1,26	1,17	1,3	1,35	1,52
b	-13	-29	11,5	8,53	0,21	4,42	-3,3	-1,4	3,03	-2,4	-2,4	-13
r ²	0,85	0,68	0,86	0,82	0,93	0,94	0,94	0,94	0,92	0,92	0,83	0,86

Repare que os valores de R^2 , em 11 meses superam 0,7, sendo que somente a correlação de fevereiro possui um R^2 menor que 0,7, mas ainda assim, muito próximo de tal valor empírico. Nesse caso, os dados da estação 7C-011 foram utilizados como a variável x e o resultado y serviu para preenchimento das lacunas na série histórica da estação 8C-004.

Na sequência, mostrar-se-á os Q_7 que foram calculados a partir de dados de estações as quais tiveram lacunas preenchidas por meio do método chamado de interpolação linear. É o caso de três estações, sendo elas a 7C-015, 7D-010 e 8C-007.

Tabela 13: Q_7 da estação 7C-015.

Estação fluviométrica 7C-015			
Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$	Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$
1985	0,36	1993	0,52*
1986	0,39	1994	0,37
1987	0,45	1995	0,38
1988	0,34	1996	0,35
1989	0,44	1997	0,6
1990	0,45	1998	0,66
1991	0,46	1999	0,54*
1992	0,47	2000	0,46

A tabela acima apresenta os valores de Q_7 da estação 7C-015. Apenas dois valores dependem parcialmente do método interpolação linear. Os valores de 1998 e 2000 não dependeram da interpolação, apesar de que foram preenchidas algumas lacunas na série histórica.

A seguir, a tabela abaixo apresenta os valores de Q_7 da estação 7D-010. Pode-se notar a ausência de valores para os anos 1977, 1978 e 1998 a 2001. Isso se deve ao fato de que a série histórica está incompleta e existe sequência de lacunas que ultrapassa o número de 15. Assim, de acordo com procedimento adotado para se calcular as médias móveis e em seguida o Q_7 se tornou impossível tais cálculos.

Tabela 14: Q_7 da estação 7D-010.

Estação fluviométrica 7D-010			
Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$	Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$
1967	2,89	1985	2,61
1968	2,29	1986	1,42
1969	2,22	1987	3,19
1970	2,1	1988	2,75
1971	2,63	1989	3,23
1972	3,92*	1990	3,48
1973	3,25	1991	3,32
1974	4,67	1992	3,74
1975	4,81	1993	2,57
1976	6,43	1994	3,03
1977		1995	2,81
1978		1996	2,51
1979	3,03	1997	3,6*
1980	2,33	1998	
1981	2,75	1999	
1982	3,11	2000	
1983	7,83	2001	
1984	3,38	2002	1,94*

A estação 7D-010 apresenta 3 Q_7 que dependeram parcialmente de interpolação linear. É possível observar que esses três valores não são discrepantes em relação aos demais.

A sexta e última estação a ser apresentado os valores de Q_7 foi a 8C-007 que não dependeu nem interpolação linear nem de regressão linear, pois, no primeiro caso, todas as sequências de lacunas a serem preenchidas ultrapassavam o valor de 15 e não houve nenhuma outra estação em que seus dados mostrassem alguma boa correlação linear.

Tabela 15: Q_7 da estação 8C-007.

Estação fluviométrica 8C-007			
Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$	Ano	$Q_{7min} (m^3.s^{-1})$
1981	1,39	1993	1,65
1982	1,57	1994	
1983	2,62	1995	1,15
1984	1,26	1996	1,37
1985	0,93	1997	
1986	0,71	1998	
1987	1,1	1999	2,01
1988	0,93	2000	1,2
1989	1,52	2001	1,41
1990	1,9	2002	1,61
1991	1,13	2003	2,37
1992	1,15		

Note que existem três anos sem valor correspondente, mas ainda assim, a série foi considerada neste trabalho, pois possui uma série histórica relativamente extensa.

6.2. Vazão característica Q_{90} e Q_{95} : Também foram calculados os valores mensais e anuais das vazões características denominadas Q_{90} e Q_{95} . Essas vazões são utilizadas em outros Estados, como o Paraná para o cálculo da vazão de outorga. Veja o resultado para a estação 6C-005.

Tabela 16: Q_{90} da estação 6C-005

mês	$Q_{90} (m^3 s^{-1})$
jan	5,33
fev	6,64
mar	6,8
abr	4,83
mai	5,16
jun	4,9
jul	4,83
ago	4,58
set	4,09
out	4,37
nov	4,37
dez	4,46
anual	4,7

Tabela 17: Q_{95} da estação 6C-005

mês	$Q_{95} (m^3 s^{-1})$
jan	4,58
fev	5,09
mar	4,9
abr	4,14
mai	4,58
jun	4,47
jul	4,5
ago	3,85
set	3,73
out	4,05
nov	3,69
dez	3,77
anual	4,15

É possível verificar, obviamente, que o Q_{90} é maior que Q_{95} , relação já esperada porque o Q_{90} representa um valor no qual a vazão permanece 90% do tempo acima dele e, da mesma forma, o Q_{95} corresponde ao valor em que a vazão da série histórica permanece 95% do tempo acima dele. Assim sendo, para os valores de vazão do meses de julho de toda a série, por exemplo, a tabela acima demonstra que em 90% do tempo, esses valores estão acima de $4,83 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Para o mesmo mês, os valores permanecem 95% acima de $4,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Os valores correspondentes aos anuais são referentes aos dados da série histórica inteira.

Logo abaixo, apresentam-se as tabelas referentes às vazões características de Q_{90} e Q_{95} da estação 7C-002. Note novamente que ocorre o esperado, que é Q_{90} ser maior que Q_{95} .

Tabela 18: Q_{90} da estação 7C-002

mês	$Q_{90} (m^3 s^{-1})$
jan	22,42
fev	24,63
mar	26,34
abr	18,79
mai	19
jun	19,25
jul	18,08
ago	16,93
set	15,73
out	15,95
nov	15,4
dez	18,85
anual	17,84

Tabela 19: Q_{95} da estação 7C-002

mês	$Q_{95} (m^3 s^{-1})$
jan	19,64
fev	19,44
mar	19,99
abr	15,31
mai	14,66
jun	15,28
jul	14,84
ago	11,68
set	13,76
out	14,14
nov	13,01
dez	15,76
anual	14,96

Em seguida, estarão representados todos os valores de Q_{90} e Q_{95} das estações 8C-004, 7C-015, 7D-010 e 8C-007.

Tabela 20: Q_{90} da estação 8C-004

mês	$Q_{90} (m^3 s^{-1})$
jan	52,26
fev	55,37
mar	57,39
abr	47,88
mai	46,28
jun	42,94
jul	39,43
ago	36,31
set	32,9
out	32,9
nov	31,98
dez	43,56
anual	38,84

Tabela 21: Q_{95} da estação 8C-004

mês	$Q_{95} (m^3 s^{-1})$
jan	43,45
fev	44,59
mar	50,12
abr	38,78
mai	41,21
jun	38,09
jul	37,34
ago	33,64
set	30,78
out	28,84
nov	27,58
dez	31,2
anual	33,76

Tabela 22: Q_{90} da estação 7C-015

mês	$Q_{90} (m^3 s^{-1})$
jan	0,48
fev	0,51
mar	0,57
abr	0,52
mai	0,54
jun	0,51
jul	0,48
ago	0,44
set	0,41
out	0,43
nov	0,43
dez	0,45
anual	0,47

Tabela 23: Q_{95} da estação 7C-015

mês	$Q_{95} (m^3 s^{-1})$
jan	0,46
fev	0,47
mar	0,56
abr	0,5
mai	0,51
jun	0,47
jul	0,46
ago	0,44
set	0,39
out	0,37
nov	0,4
dez	0,42
anual	0,44

Tabela 24: Q_{90} da estação 7D-010

mês	$Q_{90} (m^3 s^{-1})$
jan	3,65
fev	4,06
mar	4,21
abr	3,33
mai	3,46
jun	3,52
jul	3,41
ago	2,95
set	2,89
out	2,64
nov	2,55
dez	3,12
anual	3,21

Tabela 25: Q_{95} da estação 7D-010

mês	$Q_{95} (m^3 s^{-1})$
jan	3,37
fev	3,55
mar	3,6
abr	3,08
mai	2,99
jun	3,31
jul	2,8
ago	2,47
set	2,63
out	2,36
nov	2,14
dez	2,71
anual	2,7

Tabela 26: Q_{90} da estação 8C-007

mês	$Q_{90} (m^3 s^{-1})$
jan	1,67
fev	2,15
mar	2,15
abr	1,56
mai	1,81
jun	1,82
jul	1,66
ago	1,45
set	1,33
out	1,22
nov	1,26
dez	1,45
anual	1,51

Tabela 27: Q_{95} da estação 8C-007

mês	$Q_{95} (m^3 s^{-1})$
jan	1,42
fev	1,58
mar	1,82
abr	1,45
mai	1,63
jun	1,63
jul	1,27
ago	1,33
set	1,22
out	1,04
nov	1,08
dez	1,22
anual	1,27

Referente as 4 últimas tabelas, é possível verificar que em todos os casos o Q_{90} é maior que o Q_{95} , o que é um bom indicador da coerência dos resultados.

6.3. Vazão mínima da média móvel de 7 dias para um retorno de 10

anos: Agora, será apresentado o $Q_{7,10}$, e as variáveis que antecedem o seu cálculo, como média dos Q_7 , desvio padrão e coeficiente de variação. Sabe-se que a vazão $Q_{7,10}$ é usada como parâmetro para determinar a vazão de outorga de um determinado curso d'água no Estado de São Paulo. Veja, logo abaixo, o resultado para a estação 6C-005, localizada no rio Aguapeí.

Tabela 28: Dados finais da estação 6C-005

Cálculo sobre os Q_7	
média ($m^3 s^{-1}$)	4,59
d.p. ($m^3 s^{-1}$)	1,45
CV	0,32
$Q_{7,10} (m^3 s^{-1})$	2,68

Nesse caso, tem-se um coeficiente de variação (CV) de 32%, o que indica baixo de grau de dispersão e, conseqüentemente, boa representatividade da média. Sobre o desvio padrão (d.p.), sabe-se que pelo menos 75% dos valores estão no intervalo

$[\mu-2\sigma, \mu+2\sigma]$, onde μ denota a média e σ denota o desvio padrão. Assim, pode-se dizer que 75% das vazões Q_7 são menores que $7,49 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Já a vazão da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos é $2,68 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Veja abaixo o resultado para a estação 7C-002:

Tabela 29: Dados finais da estação 7C-002

Cálculo sobre os Q_7	
média (m^3s^{-1})	17,36
d.p. (m^3s^{-1})	4,68
CV	0,27
$Q_{7,10} (\text{m}^3\text{s}^{-1})$	11,23

Na estação 7C-002, tem-se um coeficiente de variação de 27%, o que novamente indica baixo grau de dispersão e, conseqüentemente, uma boa representatividade da média. Quanto ao desvio padrão, pelo menos 75% das vazões são menores que $26,72 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ou pelo menos 75% das vazões Q_7 são maiores que $8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A vazão da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos é $11,23 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Em seguida, o resultado para a estação fluviométrica 8C-004, situado no rio Aguapeí, município de Valparaíso. Observa-se um aumento dos valores de $Q_{7,10}$, isso, é claro, ocorre porque as estações estão localizadas em diferentes posições ao longo do percurso do rio.

Tabela 30: Dados finais da estação 8C-004

Cálculo sobre os Q_7	
média (m^3s^{-1})	35,42
d.p. (m^3s^{-1})	10,56
CV	0,3
$Q_{7,10} (\text{m}^3\text{s}^{-1})$	21,58

Novamente, o coeficiente de variação de 30%, indica baixo grau de dispersão e a média, por consequência, tem boa representatividade. Em relação ao desvio

padrão, pelo menos 75% dos Q_7 estão abaixo de $56,54 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A vazão da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos é $21,58 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Tem-se, logo abaixo, o resultado para a estação 7C-015, que está localizada na bacia do rio do Peixe, município de Bastos.

Tabela 31: Dados finais da estação 7C-015

Cálculo sobre os Q_7	
média (m^3s^{-1})	0,45
d.p. (m^3s^{-1})	0,09
CV	0,2
$Q_{7,10} (\text{m}^3\text{s}^{-1})$	0,33

É possível perceber baixos valores de vazão, pois se trata de um pequeno curso d'água. O coeficiente de variação é de 20% apenas e, assim, a média tem boa representatividade. Em relação ao desvio padrão, pelo menos 75% dos valores estão abaixo de $0,63 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A vazão da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos é de $0,33 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Já a estação 7D-010 apresenta resultados conforme a tabela abaixo:

Tabela 32: Dados finais da estação 7D-010

Cálculo sobre os Q_7	
média (m^3s^{-1})	3,26
d.p. (m^3s^{-1})	1,27
CV	0,39
$Q_{7,10} (\text{m}^3\text{s}^{-1})$	1,6

Nota-se um coeficiente de variação de 39%, com boa representatividade da média. Pelo menos 75% dos valores de Q_7 são menores que $5,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A vazão da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos é $1,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Por fim, a tabela abaixo apresenta os resultados da estação 8C-007:

Tabela 33: Dados finais da estação 8C-007

Cálculo sobre os Q_7	
média (m^3s^{-1})	1,45
d.p. (m^3s^{-1})	0,47
CV	0,32
$Q_{7,10}$ (m^3s^{-1})	0,83

Verifica-se o coeficiente de variação de 32% e, novamente, uma média com boa representatividade. Pelo menos 75% dos valores estão abaixo de $2,39 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A vazão da média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos é de $0,83 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

6.4. Vazão de outorga nas bacias do rio Aguapeí e do rio do Peixe:

Por último, será apresentado os valores das vazões de outorga para as 6 estações fluviométricas utilizadas nesse trabalho, conforme a determinação da legislação vigente no Estado de São Paulo. Verifica-se, na tabela, que a vazão de outorga corresponde a 50% do valor da vazão $Q_{7,10}$.

Tabela 34: Estações fluviométricas e respectivas vazões de outorga

Código do Posto	Manancial	Bacia Hidrográfica	Área de Drenagem (Km^2)	$Q_{7,10}$ (m^3s^{-1})	Vazão de outorga (m^3s^{-1})
6C-005	Rio Aguapeí	Aguapeí	1092	2,68	1,34
7C-002	Rio Aguapeí	Aguapeí	3670	11,23	5,62
7C-015	Ribeirão Copaíba	Peixe	65	0,33	0,17
7D-010	Ribeirão da Garça	Peixe	734	1,6	0,8
8C-004	Rio Aguapeí	Aguapeí	8643	21,58	10,79
8C-007	Ribeirão do Mandaguari	Peixe	700	0,83	0,42

Comparando com os dados apresentados na tabela 35, logo abaixo, verifica-se que em dois casos a vazão de outorga concedida pelo DAEE ultrapassa o

limete de vazão de outorga mostrado na tabela 34. No rio Aguapeí, município de Guaimbê, a vazão de outorga calculada deve ser de $1,34 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ e a vazão de outorga concedida pelo DAEE até o momento é de $0,30 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ o que indica uma apropriação do recurso dentro de uma faixa de segurança.

Para os municípios de Luiziânia, Bastos e Valparaíso, não foram encontrados registros de concessão de outorga do uso da água para captação superficial nos mananciais indicados nas tabelas.

Porém, conforme apontado na tabela 35, a outorga de uso para captação superficial no município de Marília, ribeirão da Garça é mais que o dobro da vazão de outorga calculada com base na média móvel de 7 dias para um retorno de 10 anos. Isso indica que há uma apropriação do recurso no manancial fora da faixa de segurança estabelecida. Da mesma forma, em Presidente Prudente, no ribeirão do Mandaguari, a vazão de outorga concedida ultrapassa em $0,08 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ a vazão de outorga calculada na tabela 34.

Nos cursos d'água onde há uma apropriação excessiva do recursos pode acarretar desequilíbrio no regime hidrológico. A biota aquática é prejudicada e, em um futuro próximo, pode haver a extinção do próprio manancial. Por isso é tão relevante o planejamento do uso do recurso.

Tabela 35: Outorga total concedida pelo DAEE por município

Município	Manancial	Captação superficial ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)
Guaimbê	Rio Aguapeí	0,30
Luisiânia	Rio Aguapeí	0
Bastos	Ribeirão Copaíba	0
Marília	Ribeirão da Garça	1,75
Valparaíso	Rio Aguapeí	0
Presidente Prudente	Ribeirão do Mandaguari	0,5

Fonte: Departamento Estadual de Água e Energia Elétrica – DAEE.

7. Considerações Finais

Este trabalho possibilitou atingir todos os objetivos propostos inicialmente, dando subsídios para que se pudesse determinar as vazões de outorga para algumas localidades posicionadas nas bacias dos rios Aguapeí e do Peixe. Com a realização de estudos, houve algumas reflexões a respeito das características ambientais da área de estudo, tais como aspectos de relevo, clima e vegetação. Pode-se verificar que o clima da região é o tropical quente e úmido. Assim, há altas temperaturas durante boa parte do ano e, conseqüentemente, um alto consumo de água. Boa parte da precipitação pluviométrica se concentra no verão, meses de janeiro e fevereiro.

Em relação a metodologia, pode-se verificar falhas nas séries históricas, sendo que essas falhas variavam desde dias até anos. Assim, por essa razão, houve intensa atividade na geração de planilhas no software Excel, a fim de corrigir as falhas de dados, o que possibilitou alcançar conhecimento dos procedimentos para cálculos de Q_7 , Q_{90} , Q_{95} $Q_{7,10}$ e vazão de outorga no Estado de São Paulo.

Houve, ainda, a possibilidade de se verificar que há uma escassez de dados bastante acentuada, principalmente aqueles disponíveis em meios fáceis de acesso ao público em geral. Nota-se, por este trabalho, que, em algumas regiões, simplesmente não há coleta de dados de vazão em seus mananciais, o que torna qualquer trabalho, no local, menos eficiente.

Também foi possível entender métodos que permitem diminuir o impacto da falta de dados sobre um determinado trabalho, como no caso deste, utilizando-se de estimativas, o que não torna o trabalho tão preciso quanto àquele baseado em dados reais, mas confere maior proximidade com a realidade.

Neste trabalho, pode-se entender as vazões de referência existentes, suas formas de cálculo e sua serventia de acordo com a legislação de cada lugar, pois, alguns Estados adotam certa vazão de referência enquanto outros adotam vazões de referência diferentes, além de determinar porcentagens diferenciadas sobre essas vazões de referência a fim de estipular a vazão de outorga. Em Goiás, por exemplo, a vazão de referência é a Q_{95} e sendo que a soma das vazões outorgadas não poderá exceder 50% da vazão de referência, de acordo com a Resolução 09/2005 da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás. No Ceará, adota-se como vazão outorgável até 90% da Q_{90} .

Verificou-se que em dois casos que a concessão de outorga para uso de água está além do limite estabelecido em legislação. Em Presidente Prudente, ribeirão do Mandaguari, a outorga concedida ultrapassa em 19% a vazão de outorga calculada nesse estudo. Em Marília, ribeirão da Garça, chega a 119% o excesso de concessão de outorga. Em Guaimbê, rio Aguapeí, apenas 22% da vazão de outorga foi concedida, restando uma boa faixa de segurança para concessão de outorga. Já o ribeirão Copaíba, em Bastos, rio Aguapeí, em Luiziânia e em Valparaíso não apresentaram registros de concessão de outorga.

Conforme proposta inicial, este trabalho foi feito com êxito e espera-se que os dados aqui determinados sejam úteis para o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE – e para a sociedade de maneira geral.

8. Referências Bibliográficas

ALVIM, Augusto Mussi. **Cobrança pelo Uso da Água na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho: perspectivas e impactos econômicos sobre os usuários.** / Augusto Mussi Alvim, André Carraro. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL. Disponível em <http://www.fee.tche.br/3eeg/Artigos/m10t03.pdf>. Acesso em 18 de setembro de 2011.

Apollo11, disponível em <http://www.apolo11.com/latlon.php>. Acesso em 02 de dezembro de 2011.

AZEVEDO, Fabiana Zanquetta de. **Gestão dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo** /Fabiana Zanquetta de Azevedo, Suraya Damas de Oliveira Modaelli, Antonio José Tavares Ranzani, Edson Geraldo Sabbag. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Artigo apresentado no I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. Disponível em http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste86.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2011.

Banco de dados fluviométricos do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/flu>. Acesso em 10 de julho de 2011.

BRASIL. Constituição Federal (1988). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em 18 de setembro de 2011.

BRASIL. Código de Águas. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. 1ª ed. Brasília:Ministério das Minas e Energia/Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica- MME/DNAEE,1980. Acesso em 18 de setembro de 2011.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938org.htm. Acesso em 18 de setembro de 2011.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Disponível em <http://www.ana.gov.br/Legislacao/default2.asp>. Acesso em 18 de setembro de 2011.

Cadernos da Mata Ciliar nº 1. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Departamento de Proteção da Biodiversidade, 2009. São Paulo. Disponível em <http://sigam.ambiente.sp.gov.br/Sigam2/repositorio/259/.../cadNascentes.pd>. Acesso em 5 de agosto de 2011.

CAROLO, Fabiana. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Instrumento para o desenvolvimento sustentável? Estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília – DF, janeiro de 2007. Disponível em http://www.aneel.gov.br/biblioteca/.../Dissertacao_Fabiana_Carolo.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2011.

- CROZIER, M. e FRIEDBERG, E. (1977): **L'acteur et le système**. Paris : Seuil.
- C.W.THORNTHWAITE ASSOCIATES, 1965. **Average climatic water balance of the continents**. Publications in Climatology, XVIII (2): 433 p.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE. <http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em 18 de setembro de 2011.
- DREW, D., 1994. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Bertrand Brasil. 3a. ed. Rio de Janeiro.
- Escassez de água — riscos e vulnerabilidades associados**. Capítulo 4. Relatório de Desenvolvimento Humano, 2006. Disponível em http://hdr.undp.org/en/media/05-Chapter4_PT.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2011.
- ESTEVES, F.A., 1998. Considerations on the Ecology of Wetlands, With Emphasis on Brazilian Floodplain Ecosystems. In: Scarano, F.R. & A.C. Franco (eds.). **Ecophysiological Strategies of Xerophitic and Amphibious Plants in the Neotropics**. Séries Oecologia Brasiliensis, vol IV. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brazil.
- FRIEDBERG, E (1997): **Le pouvoir et la règle:dynamiques de l'action organisée**. Paris: Éditions du Seuil.
- GARRIDO, R. J. S. (1996). **A importância da cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão**. In: Notas para debate no Seminário Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Seção Ceará. Fortaleza: ABES.
- GERBER, L. M. D., 2002, Outorga de direito do uso da água. Disponível em http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/leda.pdf. Acesso em 16 de agosto de 2011.
- GRANZIERA, M. L. M. **Direito das Águas: Disciplina Jurídica das Águas Doces**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.245p.
- IBGE** – Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 02 de dezembro de 2011.
- LANNA, A. E. (1995), **Cobrança pelo uso da água**. In: Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos da bacia do rio dos Sinos, RS: Relatório_interno. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 36 f.
- LANNA, A. E., A gestão dos Recursos Hídricos no contexto das políticas ambientais. In: MUÑOZ, Héctor Raúl (Coord.). **Interfaces da Gestão dos Recursos Hídricos: desafios da Lei de Águas**. 2ª. ed. Brasília:MMA/SRH, 2000.p.89.
- LEE, R., 1980. **Forest Hydrology**. Columbia University Press. 349 p.
- LEME, E.J.A. **Vazão Mínima do Vale Médio do Rio Jaguari Mirim**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 10, nº 4, Out/Dez de 2005, 127-136. Disponível em www.abrh.org.br/novo/download_file. Acesso em 19 de setembro de 2011.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas** / Walter de Paula Lima. – 2ª edição – Piracicaba: Universidade de São Paulo – USP, 2008. Disponível em <http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>. Acesso em 30 de agosto de 2011.

LINSLEY,R.K.; M.A.KOHLER; J.L.H.PAULHUS, 1975. **Hydrology for Engineers**. McGraw-Hill. New York. 482 p.

Manual de outorga de direito do uso da água. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Departamento de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/.../Manual%20de%20Outorga%20de%20Água>. Acesso em 12 de setembro de 2011.

MCKAY, G.A., 1970. **Precipitation**. In: **Handbook of the Principles of Hydrology**. Water Information Center. New York. p.2-1 a 2-111.

NIMER, E. 1977. Clima In: Geografia do Brasil: região sudeste. FIBGE (ed.). Rio de Janeiro, FIBG.

PEREIRA, Jaildo Santos. **Análise de Critérios de Outorga e de Cobrança pelo Uso da Água na Bacia do Rio dos Sinos, RS**. Jaildo Santos Pereira. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, 1996. Disponível em <http://www.parqueitapeva.com.br/arquivos/20.pdf>. Acesso em 18 de setembro de 2011.

RAMOS, Marilene. **Gestão de Recursos Hídricos e Cobrança pelo Uso da Água**. / Marilene Ramos. Fundação Getúlio Vargas, 2007. Disponível em <http://www.eclac.org/dmaah/noticias/paginas/9/28579/Cobrancapelousoda.pdf>. Acesso em 18 de setembro de 2011.

REICHARDT.K., 1975. **Processos de Transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera**. Fundação Cargil. 286 p.

Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das UGRHIs 20 e 21 | ano: 1997. Disponível em http://www.comiteap.sp.gov.br/site_pub_rzero.html. Acesso em 15 de julho de 2011.

RICHTER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., WIGINGTON, R. & BRAUN, D.P., 1997. **How Much Water Does a River Need**. Freshwater Biology, 37. 231-249 p.

RIO, Gisela Aquino Pires do, 2004. **Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos Metodológicos**./ Gisela Aquino Pires do Rio, Vinícius Pinto Moura, Alba Valéria de Souza Sales. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT03/gisela_vinicius_alba.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2011.

ROCHA, Paulo César. **A Variabilidade Hidrológica dos rios Aguapeí e Peixe, bacia do Alto Paraná – Brasil**. / Paulo César Rocha, Renata Ribeiro de Araújo. Disponível em

<http://www.amigosdanatureza.org.br/noticias/358/trabalhos/389.hidroaguapeixe.pdf>. Acesso em 28 de agosto de 2011.

ROCHA, P. C., 2004. **O Regime de Fluxo dos Rios Aguapeí e Peixe, Bacia do Alto Paraná/Brasil: Alterações e Formas de Impacto** / Paulo César Rocha. Disponível em www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/.../60.pdf. Acesso em 30 de agosto de 2011.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Disponível em [ftp://ftp.sp.gov.br/ftpcomitepcj/Lei-9034-94.pdf](http://ftp.sp.gov.br/ftpcomitepcj/Lei-9034-94.pdf). Acesso em 18 de setembro de 2011.

SILVEIRA, Alexandre. **Determinação da $Q_{7,10}$ para o Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil e Comparação com a Vazão Regularizada após a Implantação do Reservatório de Aproveitamento Múltiplo de Manso**. Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT, 2006. Disponível em http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR08488_Palma_de_Moura.pdf. Acesso em 18 de setembro de 2011.

SOUSA, L. **Capítulo 4: Interpolação polinomial**. Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Departamento de Matemática. Disponível em http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/lsousa/Teoria_actualMN/Cap%C3%ADtulo4-interpola%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em 16 de agosto de 2011.

TODD, D.K., 1970. **The Water Encyclopedia**. Water Information Center. New York. 559 p.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à estatística** / Mario F. Triola ; tradução Vera Regina Lima de Farias e Flores, revisão técnica Ana Maria Lima e Farias. – 10ª edição – Rio de Janeiro : LTC, 2008.

WALTON, W.C., 1970. **The World of Water**. Taplinger Publishing Co., New York. 318 p.