



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE DA ESTIMATIVA DA DEMANDA DE ABASTECIMENTO HUMANO DA GRANDE JOÃO PESSOA.

João R. Ribeiro Bezerra¹ ; Vanessa W. Paulino² ; Emanuella A. Figueiredo³ ; Ana Cláudia F. Medeiros Braga⁴ & Cybelle Frazão C. Braga⁵

RESUMO – Neste estudo avaliou-se a demanda futura de abastecimento humano para o Sistema de Abastecimento de Água da Grande João Pessoa. O sistema atualmente é suprido a partir da bacia do rio Gramame-Mamuaba e está sendo realizada a sua expansão a partir da bacia do rio Abaí Papocas, o que pretende duplicar a capacidade do Sistema Gramame e abastecer o sistema até 2040. Para isso, foram utilizados dados censitários mais recentes em uma nova projeção populacional para região e esta foi comparada com os dados adotados em estudos anteriores. A comparação demanda aqui calculada com a vazão de oferta de água prevista para o sistema, mostrou que mesmo com a implantação de todas as etapas do projeto, os mananciais a serem explorados não serão capazes de fornecer água suficiente para atingir o horizonte de projeto previsto, mesmo só considerando a demanda de abastecimento humano.

ABSTRACT– This study analyzed the future water demand for drinking water of the Water Supply System of Grande João Pessoa. The system is currently supplied from Gramame-Mamuaba river basin and its expansion will be done from the Abiaí Papocas river basin, which aims to double the capacity of Gramame system and supply the system by 2040. For this purpose, most recent census data was used in a new population projection for the region and this was compared with the data adopted in previous studies. The comparison between the demand here calculated with the water that will be supplied by the future system, showed that even with the implementation of all stages of the project, the sources to be explored will not be able to provide enough water until the planned project horizon, even just considering the demand for human consumption.

1) Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, joao.rafaelrb@hotmail.com

2) Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba, vanessawortmann@gmail.com

3) Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba, emanuellaalmeidaf@yahoo.com.br

4) Professora Adjunta UFPB/CT/DECA, Centro de Tecnologia, Campus Universitário I, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, cep 58051-900, 83-3216-7355, anacmedeiros@yahoo.com.br

5) Professora IFPB/Campus Princesa Isabel, cybellefrazao@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A oferta e a demanda de água são parâmetros importantes para o planejamento e gerenciamento de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), bem como para o desenvolvimento de projetos. A manutenção do equilíbrio entre oferta e demanda de consumo é um dos fatores cruciais do setor e encontrar este equilíbrio resulta em um projeto mais eficiente e em uso racional do dinheiro público.

Com o crescimento humano acelerado e a expansão urbana que ocorre ao longo dos últimos anos, essas questões tornam-se ainda mais urgentes, em especial devido aos mananciais abastecedores, pois é necessário buscar mananciais cada vez mais distantes em virtude da qualidade da água, já que mananciais próximos aos centros urbanos em geral são mais poluídos, o que exige tratamentos cada vez mais sofisticados e mais onerosos.

A demanda de água para o abastecimento humano leva vários fatores em consideração, como a economia do município, clima, fatores sócioeconômicos e população futura. Todos são importantes para uma estimativa correta desta variável. Nos projetos de SAA, um horizonte de tempo futuro é adotado e são feitas projeções do crescimento da população através da extrapolação de tendências de crescimento conforme preconiza a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12211/1992. Já a oferta de água está relacionada com a disponibilidade de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, provendo os mananciais abastecedores dos sistemas.

Os planos de recursos hídricos são elaborados para manter esse equilíbrio, e contém ações futuras para evitar a escassez de água e restrições desnecessárias aos sistemas hídricos. Dentro deste contexto, o SAA da grande João Pessoa no Estado da Paraíba apresenta atualmente um desequilíbrio entre disponibilidade e demanda hídrica, o sistema está sendo ampliado visando o adequado atendimento das necessidades da região. O abastecimento de água é feito hoje a partir da bacia do rio Gramame e a ampliação desse sistema está em construção, sendo os mananciais já de outra bacia hidrográfica, a bacia do rio Abiaí-Papocas.

Esse sistema é abordado no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do rio Gramame, no Plano Estadual de Recursos Hídricos e ainda nos estudos que embasaram a ampliação do sistema. No entanto, os planos fazem diferentes considerações (o consumo e projeção da população, por exemplo) e possuem diferentes escalas de tempo. Assim, esse trabalho se propõe a fazer um estudo inicial sobre o sistema considerando apenas a demanda de abastecimento humano comparando a estimativa da demanda com a vazão total prevista para a ampliação. O objetivo geral é avaliar a demanda no ano de 2040 (mesmo horizonte de tempo dos estudos que embasaram a ampliação do sistema) e a vazão dos mananciais abastecedores, sendo considerado o Censo 2010 e os planos de recursos hídricos existentes para a bacia hidrográfica que provê os mananciais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o consumo doméstico ou consumo humano, a vazão demandada do sistema é calculada em função da população futura e *consumo per capita*. Um fator importante para o dimensionamento do sistema é a variação temporal das vazões. Isso quer dizer que, além dos sistemas serem projetados para suprir um valor médio de consumo, o sistema também deve ser capaz de atender as variações que ocorrem ao longo do ano e ao longo do dia.

A projeção populacional constitui uma das mais importantes etapas na concepção de um projeto de abastecimento de água. Com o conhecimento da população final do projeto é possível dimensionar a demanda de consumo que o sistema deve atender. Segundo Heller e Pádua (2006) os principais métodos utilizados para as projeções são: crescimento aritmético, crescimento

geométrico, regressão multiplicativa, taxa decrescente de crescimento, curva logística, comparação gráfica entre cidades similares, método da razão e correlação, previsão com base nos empregos. A NBR 12211/1992, que trata sobre estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água, recomenda que seja feita extrapolação de tendências de crescimento com base em dados estatísticos que constituam série histórica. Podem-se aplicar modelos matemáticos (mínimos quadrados) que melhor se ajustem aos dados censitários do IBGE ou ainda métodos que considerem índices de natalidade, mortalidade, crescimento vegetativo e correntes migratórias.

O consumo humano pode ser afetado por diversos fatores como clima, hábitos e nível de vida da população, natureza da cidade e seu tamanho, medição de água, pressão na rede, preço da água (Yassuda et al., 1976). O valor do consumo, desta forma, não será único para todos os municípios presentes em um mesmo sistema. Desta forma, constituem-se em valores importantes para os sistemas, sendo previstos em planos estaduais de recursos hídricos e diretores de bacias hidrográficas.

O sistema de abastecimento de água da grande João Pessoa é hoje realizado a partir do rio Marés, rio Mumbaba, rio Tibiri e o rio Gramame-Mamuaba (regularizado pelo reservatório de mesmo nome). Sendo o sistema Gramame-Mamuaba responsável por cerca de 72% da vazão captada (CAGEPA, 2008). A bacia na qual o reservatório está localizado, diante do crescente aumento da demanda de água, teve seu Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH-Gramame), elaborado no ano 2000. Este estudo teve como objetivo fornecer informações para todo o mapeamento da bacia, e ser um importante instrumento para diagnosticar possíveis problemas futuros no abastecimento de água da Grande João Pessoa.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH/PB), iniciado em 2003 e finalizado em 2006 e teve por objetivo formular e executar estratégias, possíveis novas possibilidades de cada bacia hidrográfica e permitir a visualização de cenários futuros que definam Programas e Sistema de Gestão. No entanto, a projeção populacional feita para o plano é feita para todo o estado e não é discriminada por município, mas são apresentados os consumos de água utilizados para estimar as demandas.

Outro documento importante para o estudo do Sistema de Abastecimento de João Pessoa é o Processo Administrativo No. 006155/2008 (CAGEPA, 2008) que deu abertura ao procedimento da concorrência para a contratação dos serviços de ampliação do Sistema Gramame-Mamuaba e consta o projeto desta ampliação. Um mapa da ampliação do Sistema de Abastecimento da grande João Pessoa é mostrado na Figura 1. Atualmente, a primeira etapa encontra-se em fase de conclusão

METODOLOGIA

Neste estudo desenvolvemos uma projeção da demanda de água da Grande João Pessoa até 2040, sendo o mesmo ano adotado por CAGEPA (2008). Para isso aplicamos os mesmos métodos e critérios recomendados pela NBR 12211/1992 e nos mais recentes dados populacionais levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a contagem populacional 2007 e o Censo 2010.

Vazões de dimensionamento

Segundo Tsutiya (2006), o sistema de abastecimento de água é solicitado por diferentes vazões, dependendo do ponto do sistema, todas em litros por segundo, como mostram as Equações 1, 2, 3 e 4, onde Q_{esp} = Vazão especial (L/s), se houver; C_{eta} = Coeficiente para a lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA); P = População futura; q = consumo *per capita* (L/hab.dia); K1 = coeficiente do dia de maior consumo; K2 = coeficiente da hora de maior consumo. As vazões avaliadas no âmbito deste estudo vão apenas até a ETA.

Vazão média:

$$Q_m = \left(\frac{P \times q}{86.400} \right) \quad (1)$$

Vazão da Captação, estação elevatória e adutora até a ETA(inclusive):

$$Q_a = \left(\frac{K_1 \times P \times q}{86.400} + Q_{esp} \right) \times C_{eta} \quad (2)$$

Vazão da ETA até o reservatório:

$$Q_b = \frac{K_1 \times P \times q}{86.400} + Q_{esp} \quad (3)$$

Vazão do Reservatório até a Rede:

$$Q_c = \frac{K_1 \times K_2 \times P \times q}{86.400} + Q_{esp} \quad (4)$$

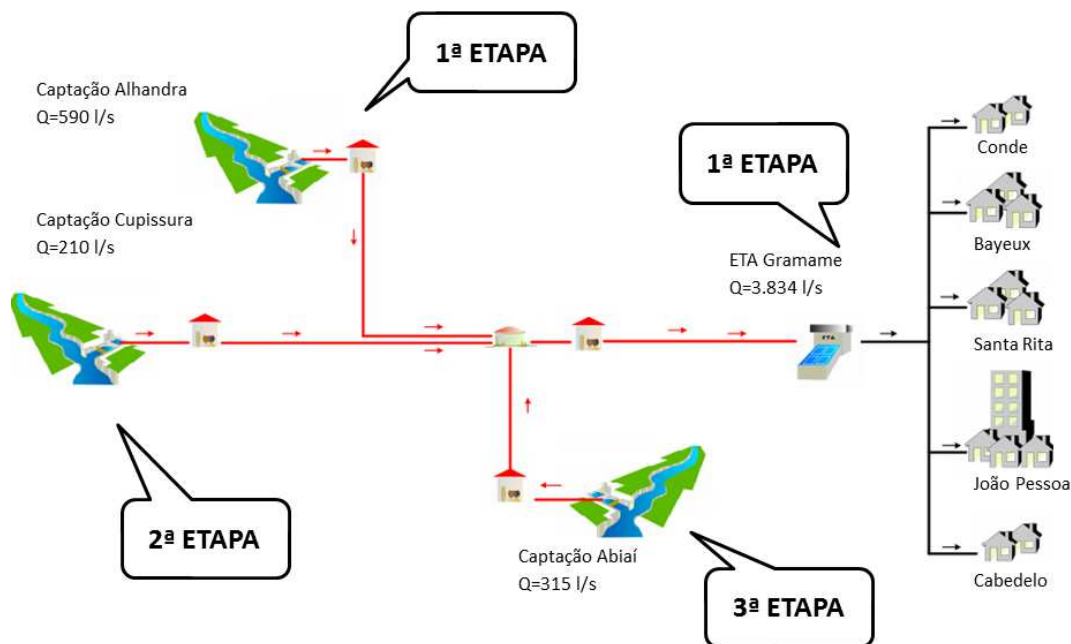


Figura 1 – Mapa da Ampliação do Abastecimento de Água da Grande João Pessoa
Fonte: CAGEPA (2008).

Projeção da população

O método dos mínimos quadrados é um modelo matemático que nos permite avaliar a tendência de crescimento populacional de uma região através da escolha de uma curva (função matemática) que melhor se ajuste aos dados censitários, sendo selecionada a que apresenta o coeficiente de correlação mais próximo de um. Foram levantados os dados dos últimos censos e contagens realizadas pelo IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010) para os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Conde, Bayeux e Santa Rita.

Para o projeto básico da ampliação do Sistema Gramame, a CAGEPA (2008) utilizou dados disponibilizados pelo IBGE. Na época do estudo, os técnicos responsáveis possuíam dados até o Censo 2000. Foram considerados dois métodos para projeção da população. O primeiro analisou a regressão do ajuste da curva de crescimento que melhor representa matematicamente a evolução do crescimento da população. No segundo, o método foi utilizado o geométrico. Após análise dos resultados foi escolhido o método que melhor reflete o crescimento populacional das cidades. Para a cidade de Cabedelo foi considerado um acréscimo de 20% na projeção da população em virtude da população flutuante. Isso ocorre em virtude da cidade de Cabedelo possuir bairros que são utilizados para veraneio e também por ser o período mais quente do ano. A projeção total para a grande João Pessoa é apresentada na Tabela 1.

No PDRH-Gramame foi utilizada uma projeção populacional para os municípios com base em estudo realizado pelo IBGE denominado de “Projeções das Populações Municipais por Sexo e Idade Simples pelo Método de Relação de Cortes: 1997 a 2020”(IBGE,1999), a populacional total na bacia é mostrada na Tabela 1.

Consumo per capita

Os estudos aqui avaliados mostram diferentes consumos *per capita* como mostra a Tabela 2. Estes consumos já consideram as perdas no sistema (da ordem de 30%), é interessante observar que mesmo havendo uma ordem cronológica na publicação dos planos, não foram consideradas as demandas anteriores. O PDRH-Gramame mostra um consumo mais elevado, pois considera que nestas cidades existem indústrias de pequeno e médio porte, diferente dos demais (PDRH-Gramame, 2000).

Tabela 1 – Projeção total da população (adotada pela CAGEPA)

Ano	Projeção população	
	CAGEPA	PDRH-Gramame
2000	843.141	893.871
2010	1.041.733	1.109.416
2020	1.287.462	1.304.751
2030	1.572.198	-
2040	1.900.146	-

Fonte: CAGEPA (2008) e PDRH-Gramame (2000).

Tabela 2 – Consumos *per capita*

Município	PDRH-Gramame	PERH/PB	Abiaí-Papocas	Estudo atual
João Pessoa	300	250	200	200
Cabedelo	300	120	200	200
Conde	150	100	150	150
Bayeux	300	120	150	150
Santa Rita	300	120	150	150

Fonte: PDRH-Gramame (2000), PERH/PB (2006), CAGEPA (2008) e elaboração própria.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Projeção da população

As funções selecionadas para a projeção da população foram as que apresentaram o melhor ajuste aos dados censitários a partir do coeficiente de correlação. A Tabela 3 mostra quais as funções selecionadas por município e a Tabela 4 mostra a população projetada no presente estudo para os anos de 2020, 2030 e 2040.

Tabela 3 – Funções selecionadas para a projeção da população.

Município	Função
João Pessoa	Linear
Cabedelo	Exponencial
Conde	Exponencial
Bayeux	Logaritmica
Santa Rita	Potencial

Fonte: Elaboração própria.

Dispondo dos dados do Censo 2010 foi possível avaliar que a primeira década de projeção do Sistema Abiaí Papocas encontrou valores bem próximos da realidade. No entanto, desvios

consideráveis foram observados para os municípios de Cabedelo e Conde (Tabela 5). O desvio de Cabedelo é explicado pelo acréscimo de 20% à população (população flutuante), já o do Conde é decorrente de uma diferença entre os valores disponibilizados pelo IBGE e os adotados pela CAGEPA. Mesmo assim, devido ao seu menor grau de influência, a disparidade de 74% do município do Conde não gerou grandes consequências sobre a projeção total. O PDRH-Gramame (Tabela 5) mostrou maior diferença na projeção total, o que é decorrente do fato do estudo ser mais antigo e não abranger os Censos de 2000 e 2010.

Tabela 4 – Projeção da população da Grande João Pessoa

MUNICÍPIO	2020	2030	2040
JOÃO PESSOA	847.151	972.946	1.098.741
BAYEUX	103.788	109.787	114.984
CABEDELLO	94.548	132.173	184.770
CONDE	31.610	46.408	68.133
SANTA RITA	142.227	157.226	171.491
TOTAL	1.219.324	1.418.540	1.638.119

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5 - Comparativo entre a projeção do sistema Abiaí Papocas e do PDRH-Gramame com o Censo 2010.

Municípios	IBGE	Sistema Abiaí-Papocas		PDRH-Gramame	
	CENSO 2010	Projeção 2010	DESVIO (%)	Projeção 2010	DESVIO (%)
João Pessoa	723.515	736.056	-2%	883.283	-18%
Cabedelo	57.944	75.907	-24%	84.143	-31%
Conde	21.4	12.294	74%	29.042	-26%
Bayeux	99.716	94.217	6%	125.768	-21%
Santa Rita	120.31	123.259	-2%	182.515	-34%
TOTAL	1.022.885	1.041.733	-2%	1.304.751	-22%

Fonte: Elaboração própria.

Para 2040, data horizonte do projeto, a comparação entre projeção populacional realizada neste estudo e a elaborada pela CAGEPA demonstrou um desvio de 14% (Tabela 6), que pode ser explicado por uma redução dos índices de crescimento populacional mais acentuada do que a prevista pela CAGEPA. Tal desvio irá impactar na projeção de demanda de água futura.

Tabela 6– Projeção Sistema Abiaí-Papocas (2040) X Projeção do atual estudo (2040)

Municípios	Sistema Abiaí-Papocas	Atual Estudo	Desvio (%)
João Pessoa	1.333.250	1.098.741	-17,6%
Cabedelo	184.202	184.770	0,3%
Conde	34.498	68.133	97,5%
Bayeux	118.949	114.984	-3,3%
Santa Rita	229.247	171.491	-25,2%
Total	1.900.146	1.638.119	-14%

Fonte: Elaboração própria.

Vazões de dimensionamento

As vazões médias calculadas a partir da Equação 1 são mostradas na Tabela 7. Como a projeção populacional do presente estudo é menor, isso se refletiu na vazão média, havendo um desvio negativo de 16% em relação a ampliação do Sistema Abiaí-Papocas.

Tabela 7 – Comparativo entre projeção de demanda da CAGEPA e do atual estudo.

	Projeção da demanda (l/s)		Desvio
	Sistema Abiaí- Papocas	Atual estudo	
2020	2.821	2.662	-6%
2030	3.452	3.102	-11%
2040	4.177	3.587	-16%

Fonte: Elaboração própria.

No entanto, quando se considera a vazão de captação (Equação 2), utilizando-se $K1=1,2$, $Q_{esp}=0$ e $Ceta = 2,5\%$, encontra-se que no ano de 2040 a vazão necessária para atender ao sistema é de 4.411,7L/s, valor mais elevado que os mananciais atuais e da expansão podem prover (Tabela 8). Isto indica que outros mananciais deverão ser selecionados para prover a demanda total do sistema. A Tabela 9 mostra um crescimento da vazão ao longo de alguns anos, a vazão máxima é atingida no ano de 2036.

Tabela 8 – Vazões captadas após a implantação do sistema

Etapa	Manancial Explorado	Vazão Captada (l/s)	% Captada
ATUAL	Rio Marés	100	2%
	Rio Mumbaba	500	12%
	Rio Gramame/Mamuaba	2.200,00	53%
	Rio Tibirí	236	6%
1 ETAPA	Rio Papocas	595	14%
2 ETAPA	Rio Cupissura	210	5%
3 ETAPA	Rio Abiaí	315	8%
	Total	4.156,00	100%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9 – Projeção das vazões dos mananciais

Ano	2020	2025	2030	2035	2036	2040
Vazão de Captação	3.274	3.539	3.816	4.106	4.165	4.412

Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As projeções de população aqui realizadas para o cálculo das vazões futuras no ano de 2040 comparadas aos mananciais em exploração atualmente e os previstos para ampliação para o Sistema de Abastecimento da Grande João Pessoa, foi verificado que, mesmo com a implantação de todas as etapas do projeto, os mananciais explorados não serão capazes de fornecer água suficiente para atingir o horizonte de projeto previsto, mesmo só considerando a demanda de abastecimento humano.

Uma alternativa para suprir a demanda hídrica da região até 2040 seria aumentar o rendimento da exploração dos mananciais mediante um controle eficiente do SAA com investimento constante na sua operação e manutenção. Dessa forma, haveria como reduzir as perdas na tubulação e em outras partes do processo de modo a favorecer o equilíbrio entre a oferta e a

demanda. Reformas e automação dos sistemas de Marés e Tibirí, por exemplo, podem surtir grande efeito, pois eles irão representar 23% da água tratada de João Pessoa.

Para estudos futuros também é válido um aprofundamento nos consumos *per capita* construindo-se cenários de aumento e/ou diminuição desse consumo que são afetados pelo crescimento econômico, fatores climáticos, entre outros e ainda a consideração das demais demandas existentes para o sistema (como a industrial).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto Da Paraíba. 2008. Concorrência N°011/2008, processo administrativo N°006155/08. Volume II
- CENSO 2010. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 07 de Janeiro, 2013.
- HELLER, L., PÁDUA, V. L. (org.) 2006. *Abastecimento de Água para Consumo Humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- NBR 12.211/1992. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas.1992: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro.
- PDRH-Gramame. 2000. Governo do Estado da Paraíba Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do rio Gramame. ProÁgua Semi-Árido. Banco Mundial, Scientec, SRH/MMA.
- PERH, Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/proagua/>. Acesso em: 02 de Fevereiro, 2013.
- TSUTIYA, M.T. 2006. *Abastecimento de água*. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica e São Paulo.
- YASSUDA E. R., OLIVEIRA W. E., GAGLIANONE, S., NOGAMI P. S., PEREIRA B. E. B., MARTINS J. A., 1976. Técnica de abastecimento e tratamento de água – vol. 1. 2a. edição, CETESB, São Paulo – SP.