

Eixo Temático ET-02-013 - Saneamento Ambiental

## **AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO DO MANANCIAL DE ITAITINGA-CE**

Ana Alice Quintans de Araujo<sup>1</sup>, Alisson José de Lima Silva<sup>2</sup>, Vanessa Rosales Bezerra<sup>3</sup>, Carlos Antônio Pereira de Lima<sup>4</sup>, Ruth Silveira do Nascimento<sup>4</sup>, Rui de Oliveira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Civil, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.

<sup>2</sup>Graduando em Licenciatura em Geografia - UEPB.

<sup>3</sup>Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.

<sup>4</sup>Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Ambiental - UEPB.

### **RESUMO**

A água constitui um elemento essencial à vida, seja ela animal ou vegetal. Seu papel no desenvolvimento da civilização é reconhecido desde a antiguidade. O homem precisa de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para todas suas necessidades, não só para proteção de sua saúde, como também para o seu desenvolvimento econômico. Assinale-se que a quantidade e a qualidade de água a ser utilizada num sistema de abastecimento estão intimamente relacionadas às características do manancial. A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde e nas condições de vida de uma comunidade e como consequência uma diminuição sensível na incidência das doenças relacionadas à água. Reflete-se também, no estabelecimento de meios que importam em melhoria do conforto e da segurança coletiva, como instalação de ar condicionado e de aparelhamento de combate a incêndios. Constitui o melhor investimento em benefício da saúde pública. Diante do exposto o presente trabalho objetiva verificar se o manancial de Itaitinga – CE é capaz de abastecer a própria cidade. O manancial escolhido para a realização do projeto foi o açude Riachão/Pacoti que se encontra próximo à cidade, constata-se que a condição  $Q_{regularização} > Q_{médio}$  é satisfeita e, portanto, o manancial de Itaitinga-CE tem plenas condições de atender as necessidades de abastecimento demandadas pela população.

**Palavras-chave:** Abastecimento; Previsão de população; Crescimento logístico; Consumo; Vazão de projeto.

### **INTRODUÇÃO**

A água constitui um elemento essencial à vida, seja ela animal ou vegetal. Seu papel no desenvolvimento da civilização é reconhecido desde a antiguidade. O homem precisa de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para todas suas necessidades, não só para proteção de sua saúde, como também para o seu desenvolvimento econômico. Assinale-se que a quantidade e a qualidade de água a ser utilizada num sistema de abastecimento estão intimamente relacionadas às características do manancial.

Sendo a água um recurso da humanidade, ela precisa ser bem administrada e para isso é preciso ter um conhecimento sobre a água disponível, a utilização para qual ela será destinada. A água tem muitos usos, para os quais é difícil atribuir algum valor financeiro e que são difíceis de serem administrados em termos convencionais.

A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde e nas condições de vida de uma comunidade e como consequência uma diminuição sensível na incidência das doenças relacionadas à água. Reflete-se também, no estabelecimento de meios que importam em melhoria do conforto e da segurança coletiva, como instalação de ar condicionado e de aparelhamento de combate a incêndios. Constitui o melhor investimento em benefício da saúde pública.

## OBJETIVO

### Geral

Verificar se o manancial de Itaitinga – CE é capaz de abastecer a própria cidade.

### Específicos

- Determinar a população da cidade;
- Calcular o consumo requerido;
- Medir a vazão exigida.

## METODOLOGIA

Foram utilizados estudos hidrológicos para a determinação da oferta hídrica do manancial, tendo em vista o abastecimento, bem como o estudo populacional para a determinação da demanda do município no horizonte de projeto de 20 anos. E assim poderem ser feitos os devidos cálculos para o projeto e a construção dos componentes do sistema hidráulico que abasteça a cidade de Itaitinga.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Área de estudo

A cidade se encontra na região metropolitana de Fortaleza, a 25 km da capital do Ceará. Sua posição geográfica é determinada pelo paralelo de 03°58'08" S e 38°31'40" O. Está localizada às margens da BR 116 ou via Pacatuba pela 'Rodovia Edson Queiroz (CE 350). , a uma altitude média de 67 metros. Municípios limítrofes são Fortaleza e Eusébio a norte, Aquiraz a leste, Horizonte e Guaiúba a sul e a oeste, Pacatuba. Os demais lugarejos, sítios e fazendas que interligam, são acessíveis e interligados através de estradas estaduais, asfaltadas ou estradas de terra.

Suas principais fontes de água fazem parte da bacia dos rios Cocó e Pacoti, sendo elas os riachos Coaçu, Riachão, Riachuí, Traiara, Itapeba, Água Fria, Mata Fresca, Guaiuba. Existem ainda diversas lagoas, tais como: Carápio, Caracanga, Cajueiro, Gereraú, Taveira, Tamboatá e Lagoa do Centro. A maior parte das terras de Itaitinga são inundadas pelas águas dos açudes Gavião e Pacoti/Riachão na época de cheia.

A barragem do açude Pacoti foi construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DENOCS), tendo sua conclusão em 1981. Do tipo terra homogênea com extensão de 600 m, compõe juntamente com o Açude Riachão/Pacoti um sistema integrado, destinado à realização do abastecimento d'água de Fortaleza e municípios vizinhos, no qual se enquadra o município de Itaitinga.

### Previsão da população

Uma das condições de um sistema de abastecimento eficiente é que a água distribuída seja capaz de atender à demanda, pois a demanda de água cresce com a população.

Um sistema de abastecimento, quando instalado, deve ter condições de fornecer água em quantidade superior ao consumo. Todavia, depois de certo número de anos, a demanda passa a corresponder à capacidade máxima de adução e, então, diz-se que o sistema atingiu o seu limite de eficiência.

O comum é planejar-se um sistema para funcionar durante certo número n de anos. Isto impõe o conhecimento da população total que deverá ser beneficiada n anos depois da elaboração do projeto.

A população futura tem que ser definida por previsão. Como está é sujeita a falhas, encontram-se sistemas atingindo o seu limite de eficiência antes ou depois de decorridos os n

anos. O importante é que a previsão seja feita de modo criterioso, com base no desenvolvimento demográfico do passado próximo, a fim de que a margem de erro seja pequena.

Por outro lado, a previsão deve efetivar-se através de uma lei de crescimento que forneça o número de habitantes em qualquer época, dentro do período de  $n$  anos. Geralmente  $n$  varia de vinte a trinta anos, prazo geralmente necessário à amortização integral do capital investido nas obras.

Iremos levar em conta dos dados entrados no IBGE da população urbana na cidade de Itaitinga, e com isso poderemos utilizar vários métodos para estimar a população de fim de plano, no nosso caso, faremos um tempo de projeto de 20 anos ( $P_{20}$ ).

**Tabela 1.** População (P) ao longo do tempo (T).

Nomenclatura	Ano	Nomenclatura	População Urbana (hab)
To	2000	Po	29.217
T1	2007	P1	31.107
T2	2010	P2	35.817

### Projeção aritmética

É o método mais simples de estimativa para população a considerar que não há motivos para um crescimento anormal ou variações significativas relacionadas a taxas de imigração, com desvantagem de não ser muito confiável para longos períodos de tempo.

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{T_2 - T_0}$$

$$K_a = \frac{35817 - 29217}{2010 - 2000} \implies K_a = 660,00$$

$$P_T = P_0 + K_a * (T - T_0)$$

$$P_{20} - 29217 = 660 * (2034 - 2000) \implies P_{20} = 51657 \text{ hab}$$

### Projeção geométrica

Um pouco mais complexa que a aritmética considera uma variação na taxa de crescimento ao longo do tempo e representa mais adequadamente a dinâmica populacional de uma pequena cidade.

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{T_2 - T_0}$$

$$K_g = \frac{\ln 35817 - \ln 29217}{2010 - 2000} \implies K_g = 0,02$$

$$P_T = P_0 * e^{K_g * (T - T_0)}$$

$$P_{20} = 29217 * e^{0,02 * (2034 - 2000)} \implies P_{20} = 57671 \text{ hab}$$

### Taxa decrescente de crescimento

Com esse método demostramos que, à medida que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear.

Achando primeiramente a população em 2034 de acordo com o método da projeção geométrica, temos que:

$$P_s = \frac{(2P_2P_1P_0 - P_1^2(P_0 + P_2))}{P_0P_2 - P_1^2}$$

$$P_s = \frac{(2 * 35817 * 31107 * 29217) - 31107^2 * (29215 + 35817)}{(29217 * 35817) - 31107^2}$$

$$P_s = 27619 \text{ hab}$$

A população de saturação é, portanto de 234639 habitantes.

$$K_d = \frac{-\ln \frac{P_s - P_2}{P_s - P_0}}{T_2 - T_0}$$

$$K_d = \frac{-\ln \frac{27619 - 35817}{27619 - 29217}}{2034 - 2000} = -0,048$$

Então a população para o tempo estimado de 20 anos será de:

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0) * (1 - e^{-k_d(T-T_0)})$$

$$P_{20} = 29217 + (27619 - 29217) * (1 - e^{0,048*(2034-2000)})$$

$$P_{20} = 35817 \text{ hab.}$$

### Crescimento logístico

Nesse método crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear. Condições necessárias:  $P_0 < P_1 < P_2$  e  $P_0.P_2 < P_1^2$ . O ponto de inflexão na curva ocorre no tempo  $[t_0 - \ln(c)/K_1]$  e com  $P_t = P_s/2$ .

Iremos novamente utilizar os dados da população do ano de 2034.

$$c = \frac{P_s - P_0}{P_0} = \frac{27619 - 29217}{29217} = -0,055$$

$$k_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[ \frac{P_0(P_s - P_1)}{P_1(P_s - P_0)} \right] = \frac{1}{2010 - 2007} \ln \left[ \frac{29217(27619 - 31107)}{31107(27619 - 29217)} \right]$$

$$k_1 = 0,24$$

Com isso temos que:

$$P = \frac{P_s}{1 + k_1 \cdot e^{c(t-t_0)}} = \frac{27619}{1 + 0,24 * e^{-0,55(203-2000)}}$$

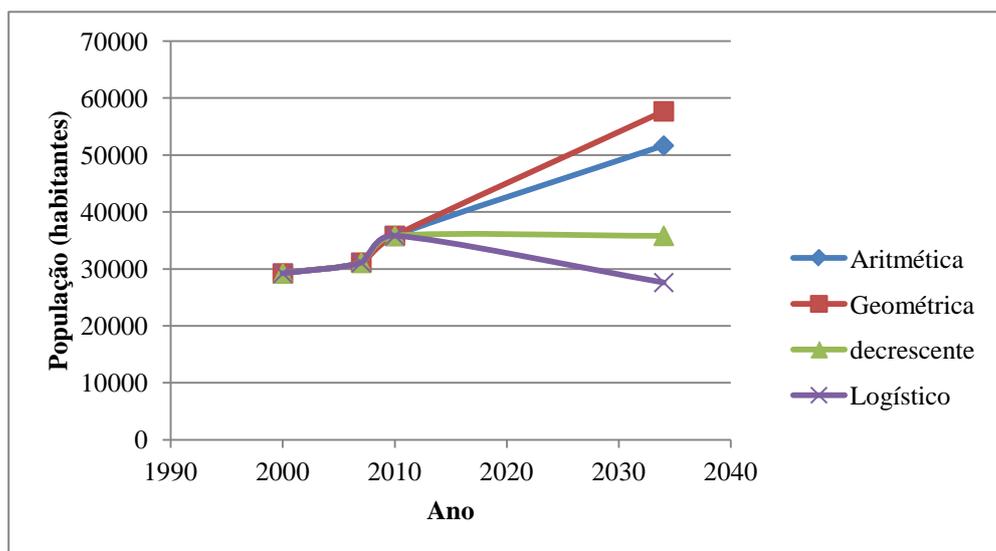
$$P_{20} = 27.619 \text{ hab}$$

Organizando os dados, obtém-se a Tabela 2 e a Figura 1.

**Tabela 2.** Número de Habitantes para cada método em determinado ano.

Nomenclatura	Ano	População Medida	População Real			
			Aritmética	Geométrica	Decrescente	Logística
a			a	a	e	o

P0	2000	29217	29.217	29.217	29.217	29.217
P1	2007	31107	31.107	31.107	31.107	31.107
P2	2010	35817	35.817	35.817	35.817	35.817
Nomenclatura	Ano		População Estimada			
P20	2034	-----	51.657	57.671	35.817	27.619



**Figura 1.** Estimativas populacionais da cidade de Itaitinga-CE.

Os dados observados apresentam uma tendência crescente de crescimento. Visualmente, observa-se que o modelo geométrico tem o valor maior com relação aos outros métodos.

A projeção geométrica conduz a valores estimados futuros bastante elevados que poderão vir a ser ou não verdadeiros, mas que se afastam das demais projeções.

O método de taxa decrescente tende à população de 35817 habitantes, sendo este valor descartado por manter a população inalterada para o tempo estimado.

O método aritmético não será utilizado, pois de acordo com os cálculos obtidos esta não é a menor população encontrada.

Portanto, escolheremos o método geométrico por apresentar a situação mais desfavorável quanto a população em 20 anos.

Logo, será considerada em 20 anos a população urbana de Itaitinga de 57.671 habitantes.

### VARIAÇÕES DE CONSUMO

Quando se trata de um sistema de abastecimento de água, a quantidade de água consumida varia ao longo do tempo, pois depende do número de habitantes da cidade, das necessidades da população, condições climáticas etc. O município de Itaitinga, tem o abastecimento ininterrupto de água, fornecido pelo açude de Riachão. De acordo com os dados da Tabela 03 podemos determinar um consumo médio para a cidade, que atualmente é de 250 l/hab.dia.

**Tabela 3.** Consumo per capita por número de habitantes.

Número de habitantes (hab)	Consumo per capita médio (q)
P < 10.000 hab	150 l/hab.dia < q < 200 l/hab.dia

10.000 hab < P < 50.000 hab	200 l/hab.dia < q < 250 l/hab.dia
P > 50.000 hab	q <sub>min</sub> =250 l/hab.dia

Fonte: (SRH-CE, 2019).

De um modo geral, para o abastecimento de água de uma determinada área ocorrem variações anuais, mensais, diárias, horários e instantâneos do consumo de água. Dentre essas diversas variações no consumo de água, os mais importantes para o dimensionamento e operação dos sistemas de abastecimento de água são:

**Coefficiente do dia de maior consumo (K<sub>1</sub>)**

É a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em determinado ano e o consumo médio relativo ao mesmo ano. Como não temos o valor e maior consumo diário no ano, costuma-se adotar o valor de k<sub>1</sub>, que no caso , ficou adotado 1,2.

**Coefficiente da hora de maior consumo (K<sub>2</sub>)**

É a relação entra a maior vazão média do dia de maior consumo. Pelo mesmo motivo do coeficiente anterior, adotando-se o valor para k<sub>2</sub> de 2,0.

**Coefficiente de reforço e coeficiente de variação instantânea (K)**

É a multiplicação do coeficiente do dia de maior consumo com o coeficiente da hora de maior consumo.

**VAZÕES DE PROJETO**

Sabe-se que ao longo do ano o consumo varia dia após dia. Logo, teremos dias de consumos maiores que o médio, e conseqüentemente, dias de menor demanda, resultando então em um valor médio diário, um dia de maior demanda e um dia de menor volume consumido. Tem-se ainda uma hora ao longo do dia em que a demanda irá atingir seu valor mais alto.

**Consumo médio diário**

$Q = P \times q$ , sendo: Q= vazão média anual, l /dia

P= população abastecida durante 30 anos (habitantes)

q=taxa de consumo per capita em l / hab.dia

$$Q_D = \frac{250l}{\text{habitantes} \times \text{dia}} \cdot 57671\text{habitantes}$$

$$= 14417750 \text{ l/dia} \text{ ou } 166,87 \text{ l/s}$$

**Consumo máximo diário**

É a demanda do dia de maior consumo, em geral adotado entre 1,20 e 1,50. No caso em estudo, adotou-se o coeficiente do dia de maior consumo K<sub>1</sub> = 1,2 , devido à baixa variabilidade do clima na região, não esperando, portanto, grandes variações de consumo no decorrer do ano.

$$Q_A = 166,87 \text{ L/s} \cdot 1,2 = 200,25 \text{ L/s}$$

Representa o valor a ser usado no dimensionamento da tubulação da estação de tratamento até o(s) reservatório(s) e, conseqüentemente, na estação elevatória de água tratada (EEAT).

Porém deve-se também levar em conta a utilização da água no processo de tratamento para as lavagens dos filtros e outros consumos na estação. Para isso deve-se somar um adicional de 5% a esta vazão.

$$Q_B = 200,25 \text{ L/s} \cdot 1,05 = 210,26 \text{ L/s}$$

Vazão esta que será empregada para dimensionamento da captação, adução e elevação de água bruta e para a Estação de Tratamento de Água.

#### **Consumo máximo horário**

É a demanda da hora de maior consumo, tendo como valor mais frequente  $K_2 = 2,0$ . Este parâmetro varia numa faixa de 1,5 a 3,0 e por considerar que na cidade, de pequeno porte, há grande disparidade entre o consumo de água diurno e noturno, deve haver pico durante o dia em relação ao consumo médio horário de água.

Nossa vazão será calculada por:

$$Q_C = Q_D \cdot K_1 \cdot K_2$$

$$Q_C = 166,87 \text{ L/s} \cdot 1,5 \cdot 2,0 = 500,61 \text{ L/s}$$

Sendo esta, a vazão a ser adotada para o dimensionamento do(s) reservatório(s) e para a rede de distribuição dentro da cidade.

Há ainda a possibilidade de alteração nas vazões devido ao regime de bombeamento que vier a ser adotado, levando em consideração a descontinuidade do mesmo por um período em virtude dos custos energéticos, e provocando a uma revisão das vazões nos diferentes trechos para manutenção do volume de água fornecido.

#### **CONCLUSÃO**

O manancial escolhido para a realização do projeto foi o açude Riachão/Pacoti que se encontra próximo à cidade, tem uma capacidade de 380.000.000 m<sup>3</sup>. Possui vazão de regularização de 20000 l/s (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH). A vazão média encontrada é de 166,87 l/s, constata-se que a condição  $Q_{\text{regularização}} > Q_{\text{médio}}$  é satisfeita e, portanto, o manancial de Itaitinga-CE tem plenas condições de atender as necessidades de abastecimento demandadas pela população.

#### **REFERÊNCIAS**

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://portal.cogerh.com.br/?Codigo=117&nome=Riach%C3%A3o&dadosacudesunico\\_templ ate%3amethod=Pesquisar](http://portal.cogerh.com.br/?Codigo=117&nome=Riach%C3%A3o&dadosacudesunico_templ ate%3amethod=Pesquisar)>. Acesso em: 21 mar. 2019.

IBGE - Censo Demográfico 1991/1996/2000/2007/2010.

Secretaria de recursos hídricos do governo do Ceará, Disponível em <<http://www.srh.ce.gov.br/>>. Acesso em: 21 mar. 2019.