

## ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE ÁGUA NA GRANDE GOIÂNIA UTILIZANDO O MÉTODO ESTATÍSTICO DE PREVISÃO DE *HOLT-WINTERS*

Victor Freitas de Azeredo Barros<sup>1</sup>, José Elmo de Menezes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

[vfbarros@gmail.com](mailto:vfbarros@gmail.com),

<sup>2</sup> Professor no Instituto Federal de Goiás, Campus Inhumas e Pontifícia Universidade Católica de Goiás

[jelmo@ucg.br](mailto:jelmo@ucg.br)

### ABSTRACT

All in planet Earth, the volume of salt water found in oceans and seas is about 97%; the other 3% is fresh, but they are found in glaciers or underneath the earth surface, in aquifers, and it is difficult to access them. Only 0.007% of freshwater is found in rivers, lakes and in the atmosphere - the easy access water to human being. Brazil has 13.7% of surface freshwater in the World and 70% of this amount is at Amazon. The other 30% are distributed throughout the country. The growing of water needed by the population concentration and the water disponibility in certain areas demands to plan how to use this water. Based on these points some statistical methods were used as models of regression and timing series, taking Holt-Winters Methodology as a basic tool to model the water consumption withing coming decades.

**Index Terms:** Holt-Winters, Statistical Model, Timing Series, Water Consumption.

### RESUMO

Sabe-se que 97,5% da água disponível na terra é salgada e se encontram em oceanos e mares. Já a água doce, 2,493% se encontra em geleiras ou regiões subterrâneas (aquíferos), de difícil acesso restando apenas 0,007% de fácil acesso para o consumo humano, encontradas em rios, lagos e na atmosfera. Desta pequena parcela, o Brasil detém 13,7%, sendo 70% localizados na Região Amazônica e os 30% restantes distribuídos desigualmente pelo país. A região do centro oeste detém de 15,7% destes recursos. Com base nos dados, há uma necessidade de planejamento do uso da água decorrentes da crescente demanda devido ao crescimento populacional, infraestrutura e sua disponibilidade na natureza. Baseados nessas premissas propõem-se uma modelagem da produção de água na Grande Goiânia para as próximas décadas com uma das principais fontes de abastecimento de água da região – a Barragem do João Leite – utilizando métodos estatísticos como séries temporais dando uma atenção especial ao método de Holt-Winters

**Palavras Chaves:** Holt Winters, Modelagem Estatística; Séries Temporais; Consumo de Água

## INTRODUÇÃO

Quando se pensa na distribuição de água no planeta, sabe-se que 97% desta água se encontram nos oceanos e mares, restando apenas 3% de água doce. Desta pequena parcela de água doce, 2,493% se encontram em geleiras e aquíferos, sendo de difícil acesso para o consumo humano, e 0,007% é de fácil acesso, encontradas em rios, lagos e na atmosfera (REDE DAS ÁGUAS, 2001).

O Brasil é o país mais rico do mundo em recursos hídricos, com 13,7% de toda a água doce disponível no planeta, e desse total, 70% estão localizados na Região Amazônica – a maior área úmida do mundo – e os 30% restantes se distribuem desigualmente pelo país, atendendo 95% da população (VIEIRA, 2006).

A cidade de Goiânia, Capital do Estado de Goiás, possui uma área de 739km<sup>2</sup> e uma população estimada em 1.265.394 habitantes. Ao longo dos anos, tanto a Capital como o seu entorno, se encontram em plena expansão econômica, com crescimento de seus polos industriais, agricultura e, principalmente, a agroindústria (SEPIN, 2007). Com essa expansão demográfica, ocorrendo de forma significativa, vários problemas de infraestrutura ocorrem, como o alto consumo de água e graves problemas de saneamento básico.

A topografia da cidade de Goiânia e seu entorno é composta por 22 sub-bacias hidrográficas que deságuam nos Ribeirões João Leite, que corresponde com 52% do suprimento de água da Capital, e o Rio meia Ponte, correspondendo com 48% do suprimento de água da Capital (SANEAGO, 2010).

A bacia do Ribeirão João Leite, localizada no Centro-Sul Goiano possui uma área de 767km<sup>2</sup> e coincide com a área parcial de sete municípios goianos: Anápolis, Goianápolis, Campo Limpo de Goiás, Nerópolis, Terezópolis de Goiás, Goiânia e Ouro Verde de Goiás (RABELO, 2009). A Figura 1 indica o seu posicionamento geográfico.



**Figura. 1.** Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite em Goiás. Fonte: Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás (SIEG). Disponível em: [www.sieg.go.gov.br](http://www.sieg.go.gov.br).

Devido ao crescimento da cidade de Goiânia e seu entorno e, conseqüentemente, um aumento do consumo de água, surge à necessidade de uma nova barragem para o abastecimento de água. Surge a barragem João Leite.

Hoje Goiânia conta com dois sistemas de água tratada: sistema João Leite e o sistema Meia Ponte. Cada um contribui com 02 m<sup>3</sup>/s para atender Goiânia. A barragem é parte do sistema produtor do João Leite que é composto ainda pelo reservatório, uma estação elevatória de água bruta, uma estação de tratamento de água e uma estação de tratamento de água tratada. Com a conclusão da barragem, explica o diretor de engenharia da SANEAGO, Mário João de Souza, serão construídas as elevatórias, adutoras de água bruta e estação de tratamento e adutora de água tratada (SANEAGO, 2010).

Segundo a SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A, Goiânia/GO – a barragem João Leite abastece a Grande Goiânia – constituída pela capital Goiânia e partes de municípios vizinhos – tem capacidade total para 148.792.243 m<sup>3</sup> ao ano.

Mediante das informações acima, fazemos o seguinte questionamento: O volume de água da barragem João Leite que atende a Grande Goiânia é suficiente? Em caso afirmativo, até quando?

Sabe-se que há uma necessidade de um estudo voltado ao consumo de água, pois devido a demanda requerida pela concentração populacional em Goiânia e região, tem-se a necessidade de um planejamento do uso de água decorrente entre a crescente demanda requerida pela concentração da população, sua disponibilidade na natureza e infraestrutura.

Diante destas premissas, verificou a produção de água da Barragem do João Leite e, a partir deste levantamento, fizemos uso de métodos de previsão como ferramentas para prever a quantidade de produção anual da Barragem do João Leite e o consumo médio de água para os próximos anos. Com isso, foi estabelecido até quando o abastecimento de água estará em uma condição confortável com respeito ao abastecimento de água e suportará o alto consumo da região da Grande Goiânia.

Segundo Makridakis, Wheelwright & Hyndman (1998), sabe-se que a previsão, como ferramenta, deve ser executada considerando alguns importantes passos:

- (1) Definição do Problema: Conhecer o problema; utilidade da previsão; entre outros;
- (2) Coleta de Informações: Busca e coleta de dados;
- (3) Análise Preliminar dos Dados: Através de gráficos e medidas descritivas;
- (4) Definição do Modelo: Escolha e ajuste de modelos; e
- (5) Uso do Modelo: Uso e avaliação do modelo de previsão (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, HYNDMAN, 1998).

Tendo esses componentes e admitindo a existência de algum padrão geral e não aleatório de comportamento, ou seja, crescimento ou decréscimo claramente definidos, elas poderão ser descritas por funções matemáticas, com as quais será possível fazer previsões futuras de comportamento do fenômeno estudado naquele instante.

Baseado nestas premissas utilizou-se de métodos estatísticos, como modelos de regressão e séries temporais, com uma atenção especial no método de *Holt-Winters*<sup>1</sup>, como ferramentas para modelagem da produção de água na Grande Goiânia a partir da Barragem do João Leite para os próximos anos.

<sup>1</sup> Método proposto por Holt (1957) e Winters (1960). É baseado em três equações de suavização: nível, tendência e sazonalidade e, dependendo da sazonalidade, pode ser modelado de forma multiplicativa ou aditiva.

O conhecimento desses efeitos é necessário para auxiliar no planejamento de abastecimento de água tratada na região como também para fornecer ferramentas estatísticas na detecção e solução de modelos de séries temporais.

## METODOLOGIA

Inicialmente, fez-se um levantamento bibliográfico em periódicos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado dos principais programas de pós-graduação do Brasil e exterior.

Paralelamente a pesquisa bibliográfica fez-se uma busca de dados – obtidos pelo órgão de saneamento do estado, a SANEAGO – e a partir destes dados formou-se um banco de dados com informações sobre a produção de água na Grande Goiânia e a população beneficiada dessa produção da Barragem do João Leite indexada anualmente, conforme pode ser visto na Tabela 1. Vale ressaltar que nem toda água consumida por estas cidades que fazem parte deste complexo são de uma única barragem.

**Tabela 1.** População Beneficiada na Grande Goiânia e a Produção de Água na Barragem do João Leite indexada anualmente de 1975 a 2006 Fonte: SANEAGO, 2010.

ANO	POPULAÇÃO (hab.)	POPULAÇÃO ATENDIDA (%)	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)	PRODUZIDO (m <sup>3</sup> /ano)
1975	711.798	30,917	220.065	25.332.701
1976	725.515	34,487	250.207	27.954.466
1977	775.436	38,347	297.357	36.253.884
1978	828.792	40,657	336.959	40.689.160
1979	885.819	41,910	371.249	42.956.633
1980	943.681	43,253	408.168	48.014.862
1981	971.236	46,606	452.650	50.456.074
1982	999.597	48,922	489.021	54.316.290
1983	1.028.785	54,195	557.554	55.975.249
1984	1.058.826	57,428	608.065	59.848.439
1985	1.089.743	58,962	642.529	64.902.743
1986	1.121.564	59,758	670.221	75.460.501
1987	1.154.314	63,906	737.675	77.761.550
1988	1.187.904	59,106	702.121	77.445.074
1989	1.222.472	72,411	885.208	72.010.750
1990	1.258.047	76,507	962.488	94.038.342
1991	1.294.486	78,458	1.015.632	101.371.288
1992	1.327.295	79,807	1.059.277	96.139.545
1993	1.360.916	82,245	1.119.291	95.047.102
1994	1.395.402	83,847	1.169.999	98.934.083
1995	1.430.759	83,483	1.194.446	107.774.083
1996	1.466.229	81,464	1.194.446	105.827.683
1997	1.493.553	82,043	1.225.355	111.378.082
1998	1.433.718	89,764	1.286.962	115.595.717
1999	1.501.820	89,345	1.341.807	116.143.695
2000	1.573.158	88,283	1.388.835	115.345.587
2001	1.459.283	93,757	1.368.180	114.702.002

2002	1.631.553	87,703	1.430.928	113.702.836
2003	1.666.630	88,484	1.474.697	113.105.263
2004	1.702.462	88,075	1.499.450	116.765.309
2005	1.739.063	88,027	1.530.843	123.972.339
2006	1.776.452	88,880	1.578.906	127.694.395

Tendo em mãos este conjunto de dados, fez-se uma análise estatística dos dados verificando na literatura qual o melhor método e modelo de previsão para esta série de dados observando parâmetros de ajustes de precisão para serem calculados (tempo, crescimento da população, etc). Fez-se também o tratamento dos dados, utilizando o modelo de alisamento exponencial que é bastante utilizada para suavização e previsão de uma série temporal.

Pelas análises preliminares feitas sobre os dados, revelou-se a presença de componentes de tendência e de sazonalidade, tornando-se apropriado a utilização do método de *Holt-Winters* para efetuar tais previsões. A tendência se deve ao fato de que a população vem crescendo ao longo dos anos e, portanto o consumo de água também. A sazonalidade deve ocorrer pelo fato que nos meses mais quentes ou mais secos o consumo de água também aumenta e provavelmente diminuem nos meses chuvosos e mais frios.

Os modelos de *Holt-Winters* descrevem apropriadamente dados em que se verifica a ocorrência de tendência linear, além de componente de sazonalidade (PELLEGRINI; FLOGLIATTO, 2000). Sua aplicação é válida pra séries não estacionárias.

Morettin & Toloi (2004) comentam que as vantagens desse modelo são: fácil entendimento, aplicação não dispendiosa, adequada para série com padrão de comportamento mais geral. E que as desvantagens são: dificuldades de determinar os valores mais apropriados das constantes de suavização e/ou impossibilidade de estudar as propriedades estatísticas, tais como média e variância da previsão e, conseqüentemente, a construção de um intervalo de confiança.

O modelo de *Holt-Winters* é baseado em três equações alisadoras. Uma para o nível, outra para tendência e outra para sazonalidade. A sazonalidade pode ter efeito multiplicativo ou aditivo que se diferem por:

Holt-Winters Aditivo. É utilizado quando a amplitude da variação sazonal mantém-se constante, ou seja, a diferença entre o maior e o menor ponto de demanda nos ciclos permanece constante com o passar do tempo.

Holt-Winters Multiplicativo. É utilizado quando a amplitude da variação sazonal aumenta com o tempo, ou seja, a diferença entre o maior e o menor ponto de demanda nos ciclos cresce com o passar do tempo (MORETTIN; TOLOI, 2004).

As equações básicas para realizar previsões dos principais métodos de suavização exponencial, podem ser modelados de forma multiplicativa ou aditiva (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008). A Tabela 2 abaixo mostra as equações comparativas dos modelos Multiplicativo e Aditivo de *Holt-Winters*.

**Tabela 2.** Equações comparativas dos modelos de Holt-Winters multiplicativo e aditivo quanto a Nível, Tendência, Sazonalidade e Previsão.

	<i>Holt-Winters</i> Multiplicativo	<i>Holt-Winters</i> Aditivo
<b>Nível</b>	(1) $L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$	(5) $L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$
<b>Tendência</b>	(2) $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$	(6) $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$
<b>Sazonalidade</b>	(3) $S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$	(7) $S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$
<b>Previsão</b>	(4) $\hat{F}_{t+m} = (L_t + b_{t-m})S_{t-s+m}$	(8) $\hat{F}_{t+m} = L_t + b_{t-m} + S_{t-s+m}$

Ressalta-se que:

- $s$  – comprimento da sazonalidade;
- $L_t$  – nível da série;
- $b_t$  – tendência;
- $S_t$  – componente sazonal;
- $F_{t+m}$  – previsão para o período  $m$  adiante;
- $Y_t$  – valor observado; e
- $\alpha, \beta, \gamma$  – parâmetros exponenciais alisadores, do nível, da tendência e da sazonalidade, respectivamente.

Criou-se então um gráfico que mostra visualmente, o aumento da produção de água na Grande Goiânia utilizando o método de *Holt-Winters* e posteriormente, depois de toda análise estatística, criou-se um novo banco de dados com a previsão da produção de água na Grande Goiânia e a população beneficiada desta produção da Barragem do João Leite, indexada anualmente. A partir deste banco de dados verificou-se se a Barragem do João Leite suportará, e até quando ela suportará o consumo de água nos próximos anos da Grande Goiânia.

O método utilizado neste trabalho, desenvolvido por Box & Jenkins (1976), baseia-se na ideia que a série temporal pode ser parcialmente explicada por ela mesma, através de parâmetros auto regressivos que podem explicar situações anteriores. Neste caso, utilizamos este método para estimar a demanda de água em Goiânia porque a água depende de muitos fatores relacionados ao tempo e também por ser um componente sazonal, ou seja, aumento de consumo no verão, aumento da população, infraestrutura, etc.

Ehlers (2009) também faz referência a esta mesma análise em seu livro, utilizando um banco de dados contendo os números mensais de mortes por doenças de pulmão (bronquite, enfisema pulmonar e asma) no Reino Unido entre Janeiro de 1974 e dezembro de 1979.

A análise de séries temporais é uma área de pesquisa relevante em diversos campos do conhecimento, tendo como principal objetivo em suas pesquisas, providenciar uma previsão, quando o modelo matemático de um fenômeno é desconhecido ou incompleto. Uma série temporal consiste de medidas ou observações previamente obtidas de um fenômeno que são realizadas sequencialmente sob um intervalo de tempo (SAMOHYL; RUBSON; MATTOS, 2001). Se estas observações consecutivas são dependentes uma da outras então é possível conseguir-se uma previsão.

Como o volume de dados é muito grande, o uso de uma ferramenta computacional foi necessário e, para isto, utilizou-se o Programa Estatístico R<sup>2</sup>. O programa R é um software gratuito e de software aberto que propicia excelente ambiente para análise estatística de alta qualidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após todo o estudo em teses, artigos e outras fontes bibliográficas, foi feita uma coleta de dados da produção de água da Barragem do João Leite de 1975 a 2006 como também a população atendida, conforme foi observado na tabela anterior (Tabela 1). Estes dados foram obtidos pelo órgão de saneamento do estado, a SANEAGO. Vale ressaltar que, como nem toda a água consumida pelas cidades que formam a Grande Goiânia são a partir de uma única barragem, foi feita uma estimativa para obter apenas os dados referentes à produção de água na Barragem do João Leite para a Grande Goiânia. A tendência de aumento da produção de água da Barragem do João Leite é facilmente visualizada na Figura 2.

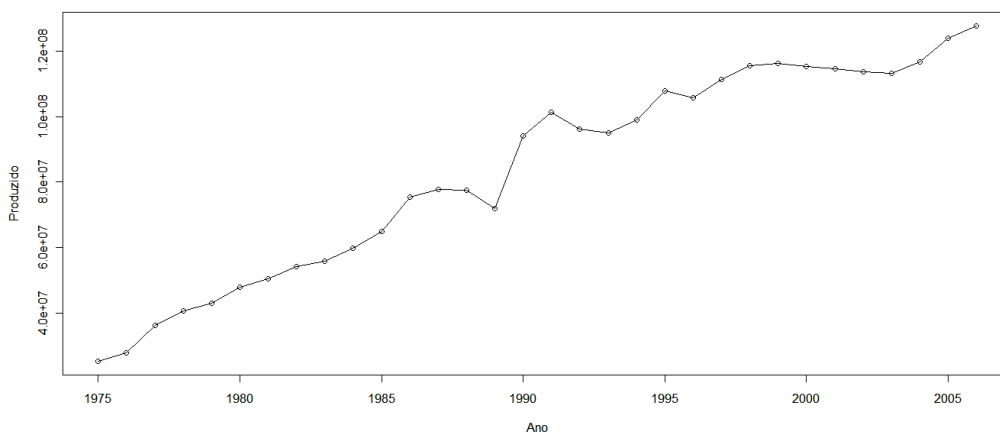


Figura 2. Produção de água da barragem do João Leite nos anos de 1975 a 2006.

Como a série observada acima apresenta níveis de sazonalidade e tendência, um dos métodos mais utilizados é o *Holt-Winters*. Assim, foi utilizada a função *HoltWinters* do programa estatístico R para fazer a estimação dos parâmetros de suavização e o estado inicial determinados pela função de verossimilhança bem como o critério de seleção realizado pelo AIC da produção de água da Barragem do João Leite. A Tabela 3 mostra os estados iniciais para as equações de recorrência, as constantes de suavização ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ), determinadas a partir da soma dos quadrados dos erros de previsão e os critérios de informação.

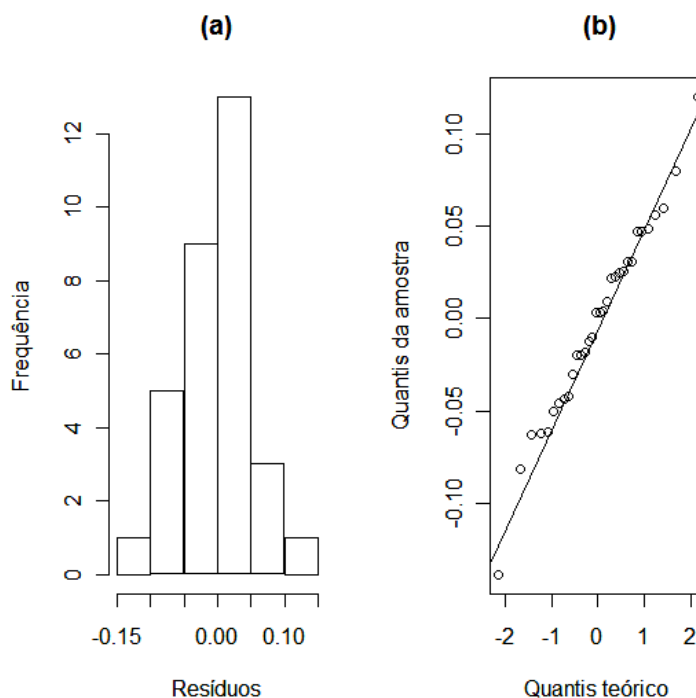
<sup>2</sup> R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. 2011.



**Tabela 3.** Valores iniciais para as equações de recorrência e parâmetros de suavização do modelo de *Holt-Winters*.

Valores Iniciais		Parâmetros de Suavização		Critérios de Informação	
$l_0$	23131172.0787	$\alpha$	0.002	AIC	1093.673
$b_0$	1.1676	$\beta$	0.002	AICc	1095.980
$s_0$	0.0519	$\gamma$	0.9216	BIC	1101.001

A Figura 3 ilustra o histograma e *QQ-Plot* dos resíduos para o modelo de *Holt-Winters*, que quando submetidos ao teste de *Shapiro-Wilk* para normalidade apresentaram como resultado  $W=0,9873$  e  $p\text{-value} = 0,9632$ , comprovando que se aproximam suficientemente da distribuição normal. O teste *Jarque-Bera* com  $X^2 = 0,2319$  e  $p\text{-valor}=0,8905$  também demonstrou que o terceiro e quarto momentos da distribuição empírica coincidem com os da normal, ao nível de significância de 5%. Os resultados dos testes de *Shapiro-Wilk* e o teste de *Jarque-Bera* podem ser visualizados na Tabela 4.


**Figura 3.** Histograma e *QQ-Plot* dos resíduos para o modelo de *Holt-Winters*.

**Tabela 4.** Testes de normalidades *Shapiro-Wilk* e *Jarque-Bera*.

Estatística	Teste de Normalidade	
	<i>Shapiro-Wilk</i>	<i>Jarque-Bera</i>
$W$	0,9873	$X^2 = 0,2319$
$p\text{-value}$	0,9632	0,8905

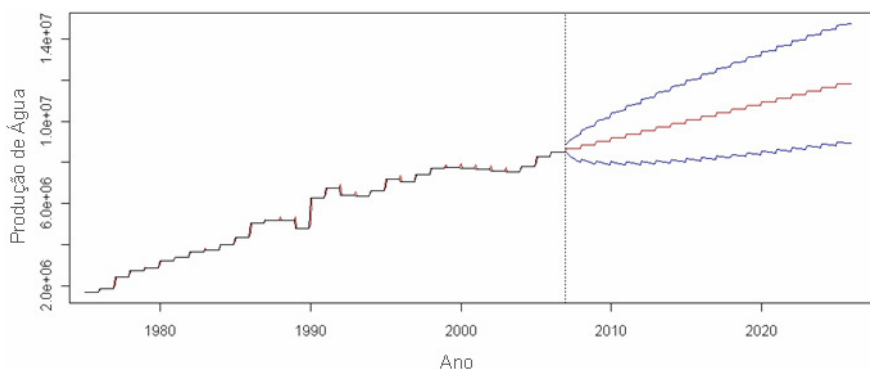
Como os modelos de *Holt-Winters* foram validados e estão aptos para realizar previsões, os mesmos foram descritos após a determinação dos parâmetros através das fórmulas das quais já foram representadas (Tabela 2).



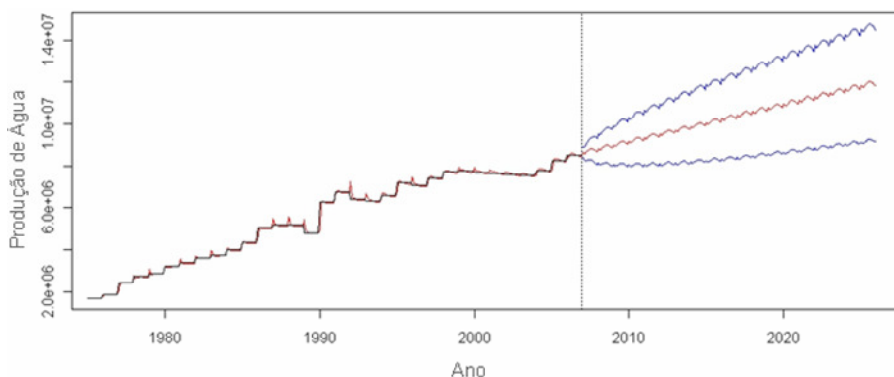
Após esta análise foi gerado pelo programa estatístico R a produção estimada de 2006 a 2025, gerando um novo banco de dados conforme Tabela 5. A previsão da produção de água na Grande Goiânia e a população beneficiada desta produção da Barragem do João Leite pode ser facilmente visualizada na Figura 4 (com o modelo aditivo de *Holt-Winters*) e Figura 5 (com o modelo multiplicativo de *Holt-Winters*).

**Tabela 5.** Previsão da População Beneficiada na Grande Goiânia e a Produção de Água na Barragem do João Leite indexada anualmente de 2007 a 2025.

ANO	POPULAÇÃO (hab.)	POPULAÇÃO ATENDIDA (%)	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)	PRODUZIDO (m <sup>3</sup> /ano)
2007	1.822.730	88,675	1.616.309	129.786.759
2008	1.867.503	88,729	1.657.021	133.048.843
2009	1.913.376	88,783	1.698.758	136.392.917
2010	1.960.375	88,837	1.741.546	139.821.041
2011	2.008.530	88,891	1.785.412	143.335.329
2012	2.057.867	88,946	1.830.382	146.937.945
2013	2.108.415	89,000	1.876.486	150.631.110
2014	2.160.206	89,054	1.923.751	154.417.100
2015	2.213.269	89,108	1.972.206	158.298.247
2016	2.267.635	89,163	2.021.881	162.276.944
2017	2.323.336	89,217	2.072.808	166.355.642
2018	2.380.406	89,271	2.125.018	170.536.855
2019	2.438.878	89,326	2.178.543	174.823.160
2020	2.498.786	89,380	2.233.416	179.217.197
2021	2.560.165	89,435	2.289.671	183.721.674
2022	2.623.052	89,489	2.347.343	188.339.368
2023	2.687.484	89,543	2.406.467	193.073.124
2024	2.753.499	89,598	2.467.081	197.925.859
2025	2.821.135	89,653	2.529.221	202.900.564



**Figura 4.** Produção de água da barragem do João Leite nos anos de 1975 a 2006, quantidade prevista de produção para os anos de 2007 a 2025 via método aditivo de *Holt-Winters*.



**Figura 5.** Produção de água da barragem do João Leite nos anos de 1975 a 2006, quantidade prevista de produção para os anos de 2007 a 2025 via método multiplicativo de *Holt-Winters*.

A estatística U de Theil considera o custo desproporcional dos grandes erros e proporciona uma base relativa para comparações com métodos mais simples. Quanto mais próximo do zero for a estatística U de Theil, melhor será a técnica de previsão usada. Valores iguais ou superiores a 1 (um) indicam que não há porque usar a técnica aplicada, pois qualquer método simples daria melhores resultados (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN, 1998). Devido a isso o comportamento padrão da produção de água na Grande Goiânia da Barragem do João Leite parece melhor explicado por uma sazonalidade multiplicativa.

## CONCLUSÕES

Devido a crescente demanda de água requerida para satisfazer a necessidade da população da Grande Goiânia associado com o impacto ambiental causado na criação de infraestrutura como as barragens e a pouca disponibilidade de água na natureza é que se fez necessário este estudo.

Uma previsão de qualidade para valores futuros de consumo de água pode-se melhorar, em muito, procedimentos intrínsecos ao processo global de distribuição de água, além, é claro, de corrigir possíveis problemas preexistentes de infraestrutura. Sendo assim, é de suma importância produzir uma boa previsão para a variável “água”, a qual depende exclusivamente do usuário e de fatores que interferem no cotidiano do mesmo, como clima, a economia e o nível social.

Com o conhecimento destas análises foi possível auxiliar o planejamento de abastecimento de água tratada na região como também fornecer ferramentas estatísticas na detecção e solução de modelos de séries temporais.

Constatou-se nas previsões que entre 2023 e 2024 a Barragem do João Leite suportará o consumo de água da Grande Goiânia. Como a barragem atual tem capacidade para 196.762.243 m<sup>3</sup>/ano, constatou-se nas previsões que entre 2023 e 2024 a Barragem do João Leite chegará a sua produção máxima e ainda conseguirá suportar todo o consumo de água da Grande Goiânia. Vale ressaltar que a Barragem do João Leite tem que estar sempre com sua capacidade total para que se possa garantir a previsão.

Todo este estudo só terá validade se ele puder conscientizar a população em relação ao uso da água, pois como podemos perceber, em um futuro não muito distante, teremos sim falta

de água mesmo com as duas principais represas da Grande Goiânia, Barragem do João Leite e Rio Meia Ponte tiverem em seu pleno funcionamento.

Se não forem adotadas ações preventivas, entre 2020 e 2030 teremos de dispor de fontes hídricas mais distantes da grande Goiânia, como por exemplo, a do Rio Caldas, causando impactos ambientais e de infraestrutura na região. Além disso, se as taxas de crescimento populacional mantiverem o ritmo de ascensão atual, por volta de 2024, os atuais mananciais de abastecimento da grande Goiânia estará no seu limite de utilização e assim deverá ser implementadas medidas mitigadoras para conter o avanço do desgaste com os mananciais.

## REFERÊNCIAS

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Oakland: Holden-Day, 1976.

EHLERS, R.S. Análise de Séries Temporais. [S.L]: USP, 2009. Disponível em: <<http://www.icmc.usp.br/ehlers/stemp/stemp.pdf>>. Acesso em 15 jan.2012.

HYNDMAN, R.J. & KHANDAKAR, Y. "Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R". Journal of Statistical Software, v. 27, ed. 3, Jul, 2008.

MAKRIDAKIS, S. G.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. Forecasting: methods and applications. 3. ed. New York: John Willey & Sons, 1998. 642 p.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de Séries Temporais. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 537 p.

PELLEGRINI, F. R.; FLOGLIATTO, F. Estudo Comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal. Revista Produto e Produção, v. 4, p. 72-85, Abril 2000.

RABELO, C. G. et al. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Taubaté, 4, 28 Julho 2009. 172-187.

REDE DAS ÁGUAS. Importância para a vida e distribuição no planeta. Rede das Águas, 2001. Disponível em: <[http://www.rededasaguas.org.br/quest/quest\\_02.asp](http://www.rededasaguas.org.br/quest/quest_02.asp)>. Acesso em: 25 Maio 2010.

SAMOHYL, R. W.; RUBSON, R.; MATTOS, V. L. D. Utilização do Método *de Holt-Winters* para Previsão do Leite Entregue às Indústrias Catarinenses. XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador: [s.n.]. 2001.

SANEAGO. Barragem do Ribeirão João Leite. Saneamento de Goiás S/A, 2010. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/>>. Acesso em: 20 Maio 2010.

SEPIN. Contagem da População. Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação, 2007. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/>>. Acesso em: 08 Março 2010.

VIEIRA, A. D. R. Cadernos de Educação Ambiental Água para a Vida, Água para Todos: Livro das Águas. Brasília: WWF-Brasil, 2006. 72p. ISBN 85-86440-18-3.