

## CÁLCULO DO COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO K1 DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PONTAL DO PARANÁ-PR

### **Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira<sup>1</sup>**

Professora de Magistério Superior no Centro de Estudos do Mar/UFPR; Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento/USP; Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento/USP; Engenheira Sanitarista e Ambiental/UFMT

### **Maurilio Carvalho Junior**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária/UFPR

### **Simone Malutta**

Professora de Magistério Superior/ UFSC; Doutoranda em Engenharia Ambiental/ UFSC; Mestrado em Engenharia Ambiental/UFSC; Engenheira Ambiental e Sanitária/UFSC

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Beira-Mar, S/N, Pontal do Sul - Pontal do Paraná - PR - Brasil - CEP: 83255-976 - e-mail: eng.amanara@gmail.com

### **RESUMO**

O abastecimento de água eficaz é algo prioritário para uma cidade, devido ao fato da sua importância para o ser humano. Sistemas de abastecimento de água que atendam aos parâmetros de quantidade e qualidade são essenciais. O dimensionamento destes sistemas, principalmente as redes, requer alguns coeficientes, dentre eles o coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ). O objetivo deste trabalho é calcular o  $k_1$  para a cidade de Pontal do Paraná, localizada no litoral paranaense, baseando-se em dados de consumo fornecidos pela Companhia de Saneamento.

**Palavras-chave:** abastecimento de água; Coeficiente  $k_1$ .

### **INTRODUÇÃO**

Dentre as principais prioridades da população, podemos destacar o acesso a um sistema de abastecimento de água que atenda às questões de quantidade e qualidade adequados. Devido à

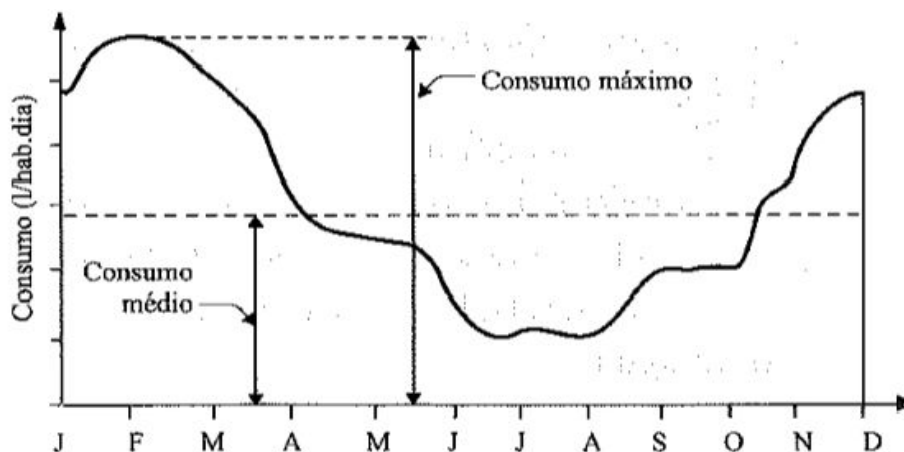
importância do abastecimento de água, tem-se aumentado o investimento neste setor, principalmente nas últimas décadas, com o objetivo de levar água de boa qualidade para um maior número de pessoas possível, principalmente em países em desenvolvimento, em que o abastecimento de água é menos favorável. No Brasil, um imenso progresso em relação à implantação de sistema de abastecimento de água se deu nas décadas de 1970 e 1980 com a implementação do PLANASA - Plano Nacional do Saneamento, que permitiu ao país atingir níveis de atendimento de cerca de 90% da população urbana. Em 2013 entrou em vigor o PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico, estando em vigência até os dias de hoje.

Segundo TSUTIYA (2006), nos centros urbanos desenvolvidos, as maiores deficiências observadas em sistemas de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos, especialmente na parte de distribuição, causando frequentes problemas de vazamento e rompimento.

De acordo com Gleick (1993), aproximadamente 1,232 bilhões de pessoas (sendo 243 milhões na área urbana e 989 milhões na área rural) não possuem um sistema geral de distribuição de água, com previsão que, com o crescimento da população de baixa renda, esse número aumentasse até 2000. Segundo a ONU - Organização das Nações Unidas (2017), em todo o mundo, cerca de três em cada dez pessoas, totalizando 2,1 bilhões, não possui acesso a água potável em sua residência, e 4,5 bilhões carecem de saneamento seguro.

O dimensionamento de um sistema de abastecimento de água depende, primeiramente, da vazão de demanda e este varia ao longo do ano, como ilustra a Fig. 1. Esse valor é utilizado nos projetos de sistemas de abastecimento de água, para satisfazer os consumos doméstico, comercial, industrial e público, bem como às perdas físicas. (ABNT, 1992).

**Figura 1 - Modelo do consumo de água para um ano, segundo Tsutiya.**

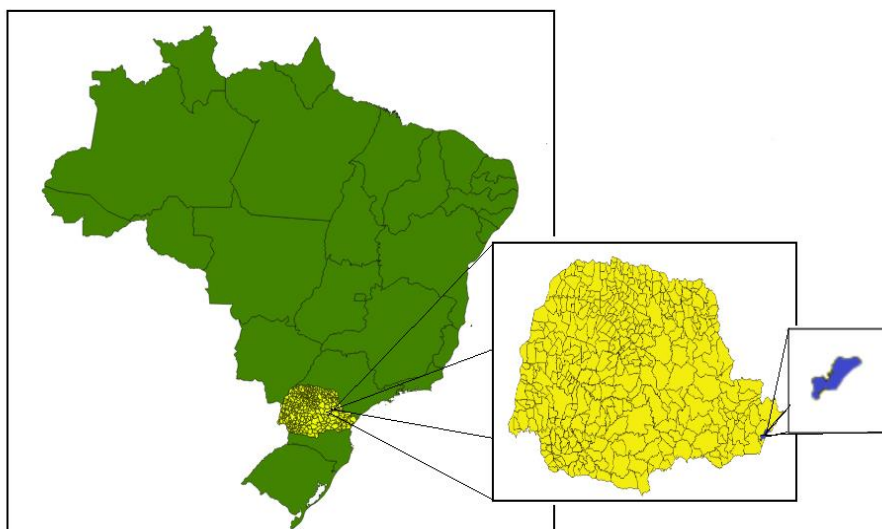


Fonte: Tsutiya (2006)

Para o dimensionamento do sistema de abastecimento, de forma a representar a variação de consumo, o valor da vazão é corrigido por coeficientes. Um destes coeficientes é o  $k_1$ , que representa a variação de consumo diário de água ao longo do ano.

Para este trabalho, foi calculado o valor do coeficiente do dia de maior consumo,  $k_1$ , para a cidade de Pontal do Paraná, localizada no litoral paranaense. Sua localização está ilustrada na Figura 2. O município possui 26.636 habitantes segundo o censo estimado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2018. Este número cresce drasticamente nos meses de verão (alta temporada) devido às belas praias que possui, segundo o Governo do Estado do Paraná (2018) as praias de Pontal do Paraná estão entre as 5 mais belas praias do litoral paranaense.

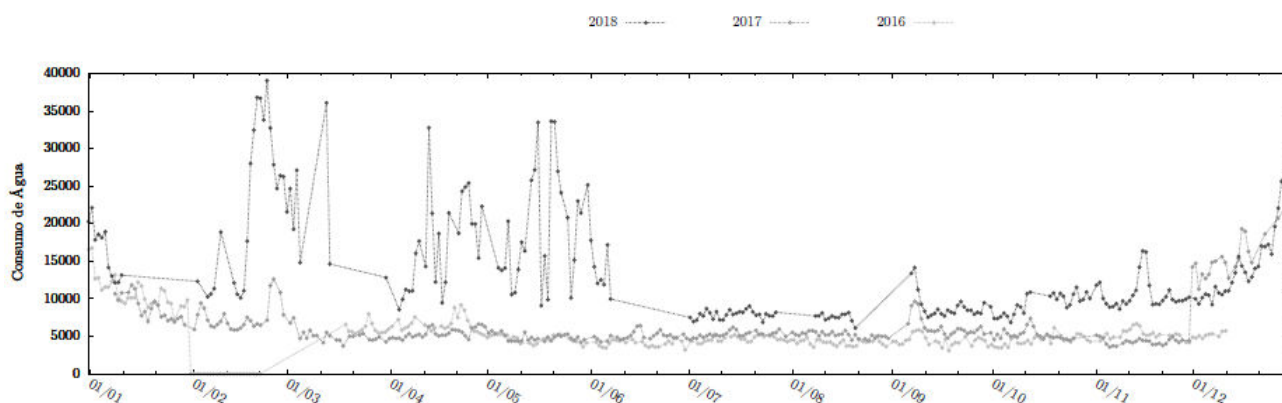
**Figura 2 - Cidade de Pontal do Paraná, demonstrada dentro do mapa do Brasil.**



Fonte: Autor

Os valores de consumo diário da cidade de Pontal do Paraná, foram fornecidos pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), responsável pela distribuição de água para a cidade. Os dados obtidos são referentes aos meses de janeiro de 2016 a dezembro de 2018, disponibilizados em planilhas do *software* Excel. Estes dados foram utilizados para calcular o coeficiente do dia de maior consumo  $k_1$ , que Tsutiya (2006) define como a relação entre o maior consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário neste período, considerando sempre as mesmas ligações. A Figura 3 ilustra o consumo diário dos respectivos meses.

**Figura 3 - Volume consumido de água no município de Pontal do Paraná entre os meses de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.**



Fonte: Autor

De acordo com Falkenberg (2005), o coeficiente  $k_1$  é utilizado para a determinação da vazão de dimensionamento de várias partes constituídas de um sistema de abastecimento de água, como por exemplo a captação, bomba, adutoras e estações de tratamento de água (ETA). Heller (2006) ainda relata a existente entre o abastecimento de água e a geração de esgoto, normalmente sendo 80% da vazão de água consumida. Desta forma o coeficiente  $k_1$  também acaba sendo um parâmetro considerado no dimensionamento de sistemas de esgotamento sanitário.

A Tabela 1 apresenta valores de  $k_1$  utilizados por autores e entidades, obtidos através de medições realizadas pelos responsáveis técnicos ou recomendações previstas para projetos.

**Tabela 1 - Coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ) obtidos em escala real.**

Autor/ Entidade - Ano	Local	$k_1$	Condições de obtenção do valor
Cetesb (1978)	Valinhos	1,25 - 1,42	Medições em sistema operados a vários anos
AEP (1996)	Canadá	1,5 - 2,5	Recomendação para projeto
Tsutya (1989)	São Paulo	1,08 - 3,08	Medições em sistema operados a vários anos
Saporta <i>et al.</i> (1993)	Barcelona	1,10 - 1,25	Medições em sistema operados a vários anos
Azevedo Neto <i>et al.</i>	Brasil	1,1 - 1,4	Recomendação para projeto
Hammer (1996)	EUA	1,2 - 4,0	Medições em sistema norte-americanos
Walski <i>et al.</i> (2001)	EUA	1,2 - 3,0	Recomendação para projeto

Fonte: Adaptado de Tsutiya 2004.

Recomenda-se sempre a utilização de dados regionais ou locais, para assim dimensionar o sistema de acordo com características e peculiaridades locais. Porém, na ausência destes valores específicos, o valor 1,2 é sugerido para  $k_1$  (HELLER e PADUA, 2006).

O objetivo deste trabalho é calcular os valores de  $k_1$  nos períodos estabelecidos para a cidade de Pontal do Paraná. Esta cidade faz parte do litoral paranaense, apresentando uma grande variação populacional e de padrão de consumo durante os ditos meses de “alta temporada” (Dezembro a Março), desta forma foram calculados os valores de  $k_1$  de alta e baixa temporada. De acordo com TSUTIYA (2006) o consumo diário geralmente é maior ou menor que o consumo médio diário anual, sendo que o consumo é, geralmente, maior no verão e menor no inverno.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo do coeficiente do dia de maior consumo da cidade de Pontal do Paraná, foram utilizados dados de consumo diário disponibilizados pela Companhia de Saneamento do Paraná (**Sanepar**), responsável pelo abastecimento de água local.

A Companhia disponibilizou os dados referentes às macromedições de cinco reservatórios que abastecem o município (Praia de Leste, Canoas, Ipanema, Shangri-lá e Atami) nos meses de janeiro a dezembro dos anos 2016, 2017 e 2018.

Nas planilhas disponibilizadas foi possível notar a ausência ou discrepância de alguns dados. Segundo a SANEPAR, os dados faltantes referentes aos meses de janeiro de 2016 a maio de 2017 em um dos reservatórios (Canoas) se devem a problemas de leitura do macromedidor, problema solucionado em setembro de 2017. Valores muito grandes e muito pequenos encontrados, que fogem do padrão de leitura dos dias próximos, também são erros de macromedição, de acordo com a companhia.

Para a realização dos cálculos do coeficiente  $k_1$ , foram considerados a NBR 12211/1992 “Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água”, o manual de projetos hidrossanitários da SANEPAR e a recomendação de Tsutyia (2006) que, para o cálculo deste coeficiente, devem ser ignorados os dias em que ocorram anormalidades ou excepcionalidades relacionado ao consumo de água.

Segundo a norma técnica brasileira 12211 da ABNT de 1992, o coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ) deve ser obtido da relação entre o maior consumo diário, verificado no período de um ano e o consumo médio diário neste mesmo período, considerando-se sempre as mesmas ligações. Recomenda-se que sejam considerados, no mínimo, cinco anos consecutivos de observações, adotando-se a média dos coeficientes determinados.

O manual de projetos hidrossanitários da Sanepar recomenda a utilização do coeficiente anual do dia de maior consumo  $k_1$  definido no Estudo Técnico Preliminar - ETP. Caso este esteja defasado, o  $k_1$  deverá ser avaliado e definido através do relatório QCPD do último ano, sendo que deverão ser expurgados os valores com anormalidades, como por exemplo, distorções em função de falta de energia elétrica. Quando da inexistência de histórico, adotar valor de  $k_1=1,2$  explicitado no Manual de Hidráulica do Eng<sup>o</sup> Azevedo Neto (referência manual sanepar).

Para calcular o  $k_1$  de Pontal do Paraná, optou-se pela metodologia da NBR 12211/1992, devido a sua facilidade e se encaixar com os dados obtidos junto a Sanepar, seguindo ainda a orientação da SANEPAR e de Tsutyia (2006) de excluir dados faltantes ou inconsistentes. Sendo assim, podemos calcular o  $k_1$  de acordo com a equação 1. Vale ressaltar que os cálculos são feitos para dados no período de um ano, no conjunto de três anos de dados (período disponibilizado pela Companhia de Saneamento).

$$k_1 = \frac{\text{Vazão do maior consumo diário}}{\text{Vazão do consumo médio diário}} \quad (1)$$

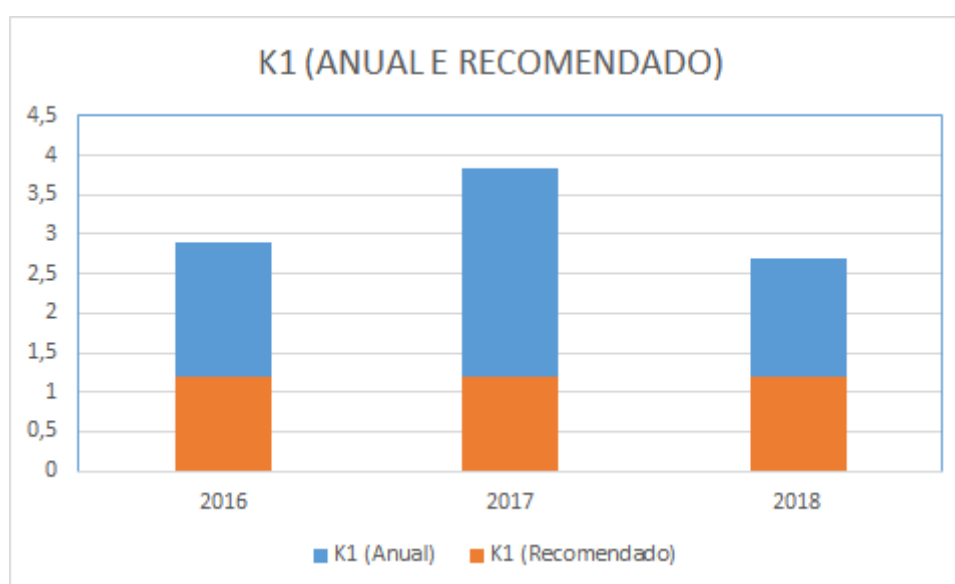
Considerando a especificidade de Pontal do Paraná ser uma pequena cidade litorânea que recebe muitos turistas no período de alta temporada, além de se calcular os valores anuais para o coeficiente  $k_1$ , foram calculados separadamente o  $k_1$  para alta e baixa temporada. Desta forma foi possível perceber também o impacto da sazonalidade no planejamento e funcionamento do sistema de abastecimento de água do município. Para os cálculos utilizou-se a vazão de consumo total, resultante da soma dos consumos registrados dos 5 reservatórios.

Os dados fornecidos pela companhia de saneamento continham algumas anormalidades, como falta de dados, ou valores muito baixo e altos ocorridos em quase todos os anos. Desta forma, para o cálculo do coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ), foi seguido a orientação de Tsutyia (2006) mencionada anteriormente, que diz que para o cálculo deste coeficiente (que é sempre maior que um), devem ser ignorados os dias em que ocorram anormalidades ou excepcionalidades devido ao consumo de água. Para calcular o  $k_1$  foram excluídas as anormalidades. Conseqüentemente, quando naquela data o dado de um dos reservatórios era problemático (anormal), a linha de dados em questão, de todos os outros reservatórios, era excluída por inteira.

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, é possível observar que houve uma tendência crescente de consumo de água entre os anos de 2016, 2017 e 2018. A manutenção realizada nos macromedidores do reservatório de Canoas também alterou os perfis de consumo registrados. Para melhor avaliar os valores do coeficiente do dia de maior consumo, foi feito um gráfico (Figura 4) com esses valores nos 3 anos, colocando-se o valor 1,2, amplamente recomendado na literatura, como valor de referência.

**Figura 4 - Valores de k1 anual referente aos anos de 2016, 2017, 2018 .**

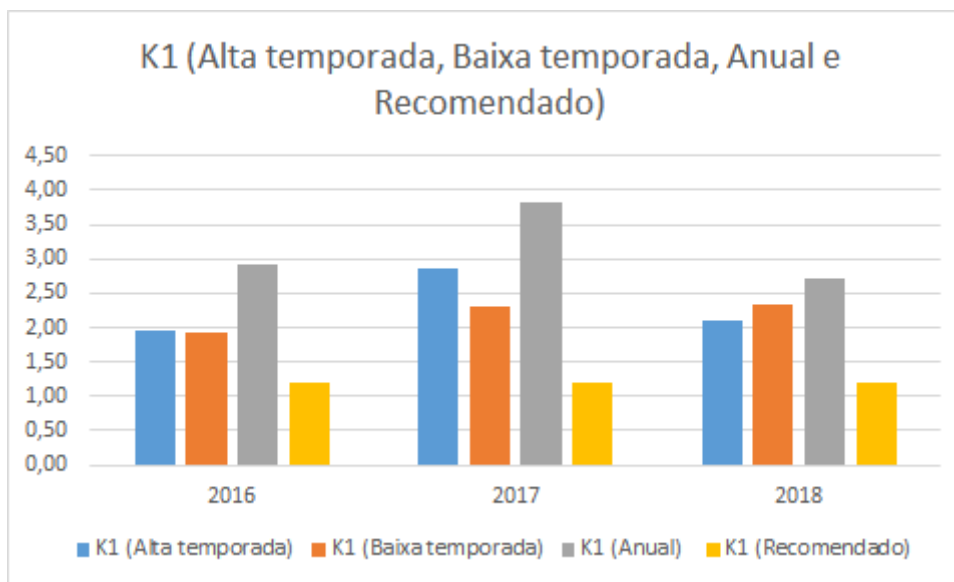


Fonte: Autor

Ao avaliarmos os valores do coeficiente k1 anual para os 3 anos, notamos que estes valores variam de um ano para o outro. Entre o ano de 2016 a 2017, houve um aumento de 2,91 para 3,83. Em relação ao ano de 2017 e 2018, o coeficiente do dia de maior consumo calculado para o ano de 2018 diminuiu, passando a ser 2,70. Estes valores mais altos que o recomendado representam a realidade local de grande variação do consumo ao longo do ano, devido principalmente ao perfil turístico de veraneio na cidade.

Ao comparar os valores calculados para os 3 casos propostos (alta temporada, baixa temporada e anual) para os anos de 2016 a 2018 e o valor 1,2 recomendado por vários autores, observa uma grande diferença entre os k1 encontrados como ilustra a Figura 5.

**Figura 5 - Comparação entre os 3 anos de k1 calculados e o recomendado.**



Fonte: Autor

Os valores de k1 para a baixa temporada ficaram entre 1,97, no ano de 2016, 2,85 para o ano de 2017 e 2,11 para o ano de 2018. Na alta temporada, os valores de k1 variaram entre 1,92, em 2016, 2,32 em 2017 e 2,33 em 2018. O motivo pelo qual o coeficiente anual apresenta valores maiores que os coeficientes em alta ou baixa temporada, especificamente, é que o consumo neste período mais curto é mais homogêneo do que a variação de consumo ao longo do ano, não apresentando grandes picos de consumo em relação à média. Por sua vez o que mais se distancia do valor 1,2 é o anual, pois este engloba tanto o período de baixa temporada como o de alta temporada, possuindo vários picos de demanda, fazendo com que os valores de consumo diário variem, visto que a demanda de água é maior no final de ano e menor durante outros meses do ano, devido ao número de habitantes fixos ser baixo quando comparado ao número de pessoas que passam o período de alta temporada na cidade de Pontal do Paraná, ocorrendo até mesmo falta d'água neste período.

## CONCLUSÃO

Os valores do coeficiente de maior consumo diário (K1) verificados neste trabalho, tanto anual, quanto o valor de coeficiente na alta e baixa temporada, apresentaram-se maiores do que o valor 1,2, amplamente encontrado na literatura.

Esperava-se encontrar valores diferentes para o k1, levando-se em consideração os anos em que os valores recomendados na literatura foram adquiridos (grande parte entre as décadas de 70 e



90), e a sazonalidade existente em um sistema de abastecimento de um pequeno município, litorâneo e turístico.

A grande variação no consumo ao longo do ano resulta em valores mais altos do coeficiente k1. Porém entende-se que o dimensionamento de um sistema adotando-se um valor maior de coeficiente de variação de consumo resulta em uma rede e dispositivos que serão subutilizados em boa parte do ano. A utilização de valores menores reduz custos do sistema, entretanto terá como consequência o desabastecimento da população em determinados picos de consumo, como é relatado em Pontal do Paraná em períodos de alta temporada (Gazeta do Povo, 2019).

A viabilidade econômica e técnica em projetos é sempre ponto importante a ser definido pelas empresas de saneamento. O presente estudo visa trazer à luz informações que colaborem nesta tomada de decisão dos projetistas.

## AGRADECIMENTOS

A elaboração deste estudo não seria possível sem a disponibilização de dados da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 12.211: Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água. Rio de Janeiro, 1992. 14p.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Top 5: descubra as melhores e mais lindas praias do Litoral do Paraná. Globo, 2018. Disponível em: <<https://gshow.globo.com/RPC/Plug/Especial-Publicitario/Governo-do-Estado-do-Parana/noticia/top-5-descubra-as-melhores-e-mais-lindas-praias-do-litoral-do-parana.ghtml>>. Acesso em: 10, Abril de 2019.
- G1, Litoral do Paraná deve ter 1,5 milhão de pessoas na virada do ano. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/ferias-verao/2017/noticia/2016/12/litoral-do-parana-deve-ter-15-milhao-de-pessoas-na-virada-do-ano.html>>. Acesso em 3 de janeiro de 2019.
- HELLER T., PADUA V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo horizonte: Editora UFMG, 2006
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População do último censo. Pontal do paraná: IBGE. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018.
- Litoral do Paraná já registra falta de água antes mesmo da chegada do ano novo, Gazeta do Povo. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/litoral-do-parana-ja-registra-falta-de-agua-antes-mesmo-da-chegada-do-ano-novo-en75d3kq9p4z4o1pgt4d1xaom/>. Acesso em 3 de janeiro de 2019.

ONU, ONU: 4,5 bilhões de pessoas não dispõem de saneamento seguro no mundo. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-45-bilhoes-de-pessoas-nao-dispoem-de-saneamento-seguro-no-mundo/>> Acesso em: 08 de abril de 2019.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2011. (2012). Brasília, MCIDADES. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=101>

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água. 1o Edição, São Paulo, DHS/POLI – USP. 2006. 643p”

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.