

ESTUDO COMPARATIVO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO

Carla Gabriela Azevedo Misael (*), Camila Barata Cavalcanti, Josiele Souza Batista Santos, Mário Gomes da Silva Júnior, Sidinei Kleber da Silva

* Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) / Centro de Ciências e Tecnologias (CCT) / Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ); carla.misael94@gmail.com

RESUMO

Diante da carência hídrica que vem atingindo o nordeste brasileiro, a adoção de poços tornou-se a principal alternativa utilizada para o abastecimento de água a nível domiciliar e, dependendo da gravidade, a nível municipal. Todavia, devido a fatores geológicos, tem-se comumente altos índices de sais dissolvidos nestas fontes de água. Nesse viés, o processo de dessalinização pode ser implantado para que se obtenha uma água propícia ao consumo humano. Este trabalho teve como foco de estudo a viabilidade econômica da instalação de um dessalinizador em detrimento dos serviços prestados pelas empresas concessionárias responsáveis pelo abastecimento de água. Para tanto, considerou-se dois sistemas: o Sistema 1, para o abastecimento de um condomínio com 24 apartamentos, e o Sistema 2, para o abastecimento de um condomínio com 48 apartamentos, sendo a quantidade de residentes por apartamento respaldada no censo demográfico de 2010. Logo, calculou-se os custos dos sistemas de dessalinização, considerando um período de depreciação de 5 anos, através do Sistema Modificado de Recuperação Acelerada de Custos (MACRS). A rentabilidade pôde ser obtida através da determinação do tempo de recuperação do capital, da posição de caixa cumulativo e da taxa de retorno de investimento (ROROI). A partir da análise do fluxo de caixa cumulativo e dos resultados de rentabilidade, indicou-se a viabilidade econômica para o Sistema 2.

PALAVRAS-CHAVE: Viabilidade econômica, Dessalinização, Análise de rentabilidade, MACRS.

INTRODUÇÃO

A crise hídrica na região nordeste sempre foi uma realidade. Contudo, nos últimos anos observa-se um agravamento desta devido ao aumento do período de estiagem. Unindo-se a este fator, tem-se o uso irracional da água desde o âmbito domiciliar ao industrial, além dos altos níveis de desperdício que ocorrem durante a distribuição da mesma, sendo em torno de 36,2% de acordo com a Folha de São Paulo (2016). Na Paraíba, segundo o monitoramento realizado pela Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (2016), diversos reservatórios sofreram colapso total, impossibilitando o abastecimento de água pelas empresas responsáveis. Dentro deste contexto, o município de Campina Grande, na Paraíba, vive sob a projeção de um colapso do fornecimento de água, onde a única fonte de abastecimento, o Açude Epitácio Pessoa, popularmente conhecido como Boqueirão, encontra-se com aproximadamente 10,9% de sua capacidade (G1PARAÍBA, 2016). Prevê-se então, que o fornecimento de água chegará a seu colapso total aproximadamente em fevereiro de 2017, caso o quadro climático permaneça inalterado (PBAGORA, 2016).

Um meio que geralmente se tem sido adotado como alternativa diante desta situação tem sido a perfuração de poços. Devido à alta salinidade encontrada na água em algumas regiões, conforme suas características geológicas, faz-se necessário um pré-tratamento para que se possa obter dela uma água potável. Para esta finalidade, uma possibilidade consiste no uso de dessalinizadores.

Pode-se definir a dessalinização como um processo de remoção ou redução da concentração de sais e sólidos dissolvidos da água salgada para obter água doce. Nesse processo removem-se, além de minerais, outros componentes químicos, orgânicos e biológicos (ARAÚJO, 2013). Em geral, os métodos de dessalinização adotados são os de osmose inversa, destilação multiestágios, dessalinização térmica e por congelamento.

Na osmose inversa, ou osmose reversa, uma pressão mecânica superior à pressão osmótica (impulso que a solução sofre para se deslocar do meio menos concentrado para o meio mais concentrado) é aplicada sobre a solução mais concentrada. Devido a esta pressão, as moléculas de água passam pela membrana semipermeável separando a solução em duas partes distintas: água permeada, que apresenta baixa concentração de sais e a corrente de água concentrada com elevada concentração de sais. Esta última percorre a membrana sem atravessá-la para poder ser utilizada para fins secundários como irrigação de plantas do tipo atriplex, criação

de peixes, utilização em banheiros ou até mesmo a realimentação do poço. Já o permeado consiste na parte da solução que atravessa a membrana contendo um alto grau de pureza e que será distribuída para consumo. Tal processo de tratamento é capaz de remover grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (SILVA *et al.*, 2013).

Para melhor compreensão, apresenta-se na *figura 1* o fluxograma de um processo comum de dessalinização, sendo possível verificar todos os equipamentos necessários ao sistema.

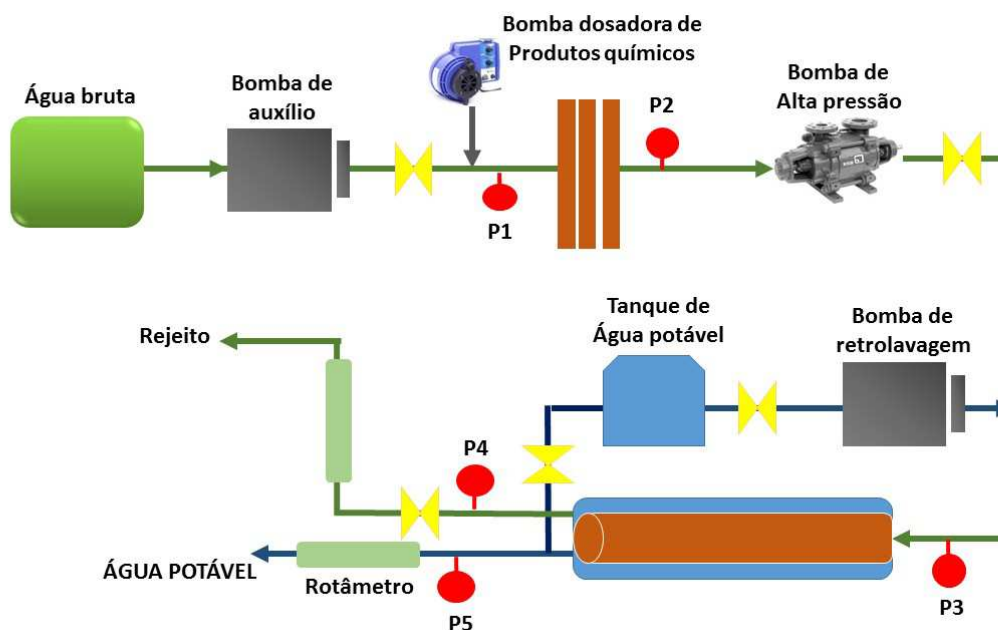


Figura 1: Esquema de um dessalinizador. Fonte: Autor do Trabalho.

O processo apresentado na *figura 1* inicia-se com a propulsão da água bruta para o sistema através da bomba auxiliar. Neste fluxo de água são injetados produtos químicos anti-incrustantes ou inibidores através da bomba dosadora. Os manômetros P1 e P2 aferem então a pressão antes e depois dos filtros, respectivamente. Logo após, a bomba de alta pressão gera a pressão necessária para que as membranas produzam uma vazão de água desejável. Após a saída pela membrana, a água potável segue para o armazenamento, enquanto o rejeito é descartado ou reaproveitado, segundo o projeto inicial (CERB, 2011).

A análise da viabilidade econômica de um projeto de engenharia busca prever os benefícios que serão obtidos em um dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação (ZAGO *et al.* 2009). Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da instalação de dessalinizadores, tendo como base de estudo um condomínio residencial no Estado da Paraíba, variando para fins metodológicos a quantidade de apartamentos atendidos pelo sistema.

METODOLOGIA

Para o estudo da viabilidade econômica da instalação de um dessalinizador, foram considerados dois sistemas diferentes, sendo o Sistema 1 um sistema de dessalinização projetado para abastecer um condomínio com 24 apartamentos e o Sistema 2 um dessalinizador projetado para abastecer condomínio com 48 apartamentos. Cada sistema proposto é composto por 01 motor bomba auxiliar, 01 motor de alta pressão, 01 motor bomba de retro lavagem, 02 filtros de cartucho de acetato de 0,5 micra. Para o Sistema 1, tem-se 02 elementos de membrana espirais Lanxess-Bayer modelo B85-4040 em poliamida, já para o Sistema 2, tem-se 02 elementos de membrana espirais Lanxess-Bayer. As potências requeridas para as bombas de cada sistema de dessalinização e o tempo de funcionamento das mesmas estão expostas na Tabela 1 e serão utilizadas para calcular os custos com utilidades, que se resumiram ao gasto de energia elétrica requerido pelas bombas.

Tabela 1. Potências requeridas das bombas para os dois sistemas de dessalinização.

Bomba	Sistema 1		Sistema 2	
	Potência (CV)	Tempo (h/dia)	Potência (CV)	Tempo (h/dia)
Auxiliar	0,5	22,02	0,75	11,01
Alta pressão	2	22,02	5	11,01
Retro lavagem	0,25	0,083	0,25	0,083
Sapo	1	22,02	1	11,01

As bombas de alta pressão e auxiliar funcionam durante o mesmo que o sistema de dessalinização. Além disso, a bomba sapo, responsável por levar a água do poço ao tanque de armazenamento, opera o mesmo período de tempo que as bombas anteriores, pois foi considerado que a vazão requerida pelo processo é igual a fornecida pela mesma. Já a bomba de retro lavagem seria ligada apenas 5 minutos por dia, no intuito de fazer uma rápida limpeza do sistema. A capacidade de produção de água potável e os custos de investimento e produção podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Capacidade de produção e custo de investimento e produção para os dois sistemas propostos.

	Sistema 1	Sistema 2
Capacidade (L/h)	500,00	2.000,00
Compra da unidade e instalação (R\$)	21.000,00	36.000,00
Taxa de esgoto por ano (R\$)	16.992,00	33.984,00
Adequação da área de instalação (R\$)	2.000,00	
Limpeza química por ano (R\$)	600,00	
Mão-de-obra por ano (R\$)	1.200,00	
Troca de filtros por ano (R\$)	150,00	

Considerou-se que todo produto concentrado será utilizado em serviços diversos e o volume remanescente poderá ser descartado no esgoto para um posterior tratamento do mesmo, feito pela própria concessionária de fornecimento de água, Cagepa, tendo como base que a concentração de sais nesta água não é suficiente para quaisquer danos aos sistemas de tubulações e ainda servirá como meio de diluição para outros dejetos comumente descartados nas redes de esgoto como detergentes, desinfetantes, amaciantes, etc. Em virtude deste serviço prestado, a tarifa mínima de esgoto é cobrada, além da tarifa mínima de água (considerando que o serviço de prestação de água não foi cortado). O custo com manutenção consiste em uma limpeza química que objetiva evitar a diminuição da produtividade da membrana a partir da ocorrência da diminuição de sua área permeável a partir de incrustações e do acúmulo de sujeira e depósito de componentes orgânicos. A troca dos filtros foi realizada a cada quatro meses de forma a manter a eficiência da produção do sistema.

O estudo considerou uma quantidade de três pessoas por apartamento, estando de acordo com o censo demográfico de 2010 feito pelo IBGE para o estado da Paraíba. Além disso, segundo a Folha de São Paulo (2013), o consumo médio diário por pessoa para este estado foi de 139 L/dia, sendo nesse valor acrescido 10% para possíveis eventualidades e usos em comum como a irrigação de jardim, limpeza, banheiros, academia, salão de festa, etc.

Inicialmente, foi realizada uma estimativa de consumo de água dos os condôminos e seus respectivos custos antes do sistema de dessalinização, a partir dos valores cobrados para os serviços de água e esgoto fornecidos pela concessionária de abastecimento de água local (CAGEPA, 2016). Em seguida, este valor foi comparado com os custos de instalação e operação dos sistemas de dessalinização, considerando um período de depreciação de cinco anos. Para isso, fez-se o cálculo da depreciação considerando o Sistema Modificado de Recuperação Acelerada de Custos (MACRS), que utiliza o Balanço Duplo de Declínio (DDB), equação (1), e o método Linear (SL), equação (2) (TURTON *et al.*, 2009).

$$d_k^{DDB} = \frac{2}{n} \left(FCI - \sum_{j=0}^{k-1} d_j \right) \quad \text{equação (1)}$$

$$d_k^{SI} = \frac{\text{Capital não depreciado}}{\text{Tempo remanescente para depreciação}} \quad \text{equação (2)}$$

Onde d_k representa a depreciação no ano k , n o período de depreciação, FCI o capital de investimento, que nesse trabalho consiste no custo da compra da unidade e instalação do sistema de dessalinização, e d_j a depreciação do ano $k-1$. O capital não depreciado é a diferença do capital de investimento pelo valor de salvamento.

As equações (3) e (4) representam o Lucro Líquido e o Fluxo de Caixa após Impostos, respectivamente.

$$LL_{2t} = (R - COM_d - d_k)(1 - t) \quad \text{equação (3)}$$

$$FC_{2t} = (R - COM_d - d_k)(1 - t) + d_k \quad \text{equação (4)}$$

Onde, R é a receita, COM_d representa o Custo de Produção ou Custo de Manufatura, d_k a depreciação no ano k e t o valor de impostos sobre o lucro de venda do produto.

Posteriormente, identificaram-se os fatores de rentabilidade obtidos pelos investimentos. Dessa forma, foi determinado o Tempo de Recuperação do Capital (*Payback Period*), a partir da equação (5), a posição de caixa cumulativo (*Cumulative Cash Position - CCP*), isto é, o montante arrecadado pelo projeto no fim de sua vida, equação (6), e a taxa de retorno de investimento (ROROI), equação (7), que segundo TURTON *et al.* (2009), representa o quanto o projeto lucrou em relação ao capital fixo de investimento (FCI).

$$PBP = A + \frac{B}{C} \quad \text{equação (5)}$$

Onde, A – Último período com fluxo de caixa negativo, B – Valor do último fluxo de caixa negativo e C – Valor para o período seguinte do fluxo de caixa.

$$CCR = \frac{\text{Soma dos fluxos de caixa positivos}}{\text{Soma dos fluxos de caixas negativos}} = 1 + \frac{CCP}{Land + WC + FCI} \quad \text{equação (6)}$$

Onde, CCR - Razão cumulativa de caixa para fins acumulativos, Land – Valor atribuído para a terra e WC – *Working Capital* (Capital de Giro) que nesse trabalho foi igual zero.

$$ROROI = \frac{(\text{Soma dos Fluxos de Caixa positivos} - FCI)}{\text{Número de Anos de Atividade}} \cdot FCI \quad \text{equação (7)}$$

Segundo TURTON *et al.* (2009), esta taxa representa o quanto o projeto lucrou em relação ao capital fixo de investimento (FCI).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Situação sem sistema de dessalinização

A análise dos custos referentes ao abastecimento dos Sistemas 1 e 2 através da empresa distribuidora de água local, podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3. Custos de abastecimento para os Sistemas 1 e 2, sem o dessalinizador.

	Sistema 1	Sistema 2
Custo Total de água (R\$/ano)	16.997,04	33.994,07
Taxa de esgoto Total (R\$/ano)	13.581,56	27.163,11
Custo Total Cagepa sem dessalinizador (R\$/ano)	30.578,59	61.157,19

Após a instalação dos sistemas, espera-se que o único custo dos condomínios com a companhia de abastecimento seja referente a taxa mínima de água/esgoto. Logo, o custo mensal por apartamento, referente às taxas de água e esgoto fornecidas serão de R\$ 106,18 para ambos os sistemas.

Situação com sistema de dessalinização

De forma a atender a demanda requerida, foi estipulado um tempo de funcionamento do sistema de dessalinização de aproximadamente 22 e 11 horas diárias para os Sistemas 1 e 2, respectivamente. A partir destes dados foi possível a determinação dos custos energéticos, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Custos com energia elétrica dos sistemas de dessalinização.

	Sistema 1	Sistema 2
Energia Consumida (kwh/ano)	24345,12629	23475,89249
Taxa da concessionária de energia local (R\$/kwh)	0,43668	0,43668
Custo com energia (R\$/ano)	10631,02975	10251,45273
Imposto com ICMS (R\$/ano)	4.189,11	4.039,54
Imposto com PIS (R\$/ano)	124,12	119,69
Imposto com COFINS (R\$/ano)	570,96	550,57
Custo da energia + IMPOSTOS (R\$/ano)	15.515,22	14.961,26

Com relação as tarifas de água e esgoto, foram utilizadas nos cálculos as taxas mínimas, considerando que o serviço de prestação de água não foi cortado. Este valor seria de R\$ 59,00 por apartamento que corresponderá a um valor de R\$ 16.992,00 e R\$ 33.984,00 ao ano para os Sistemas 1 e 2, respectivamente.

Por fim, foram definidos para os Sistemas 1 e 2 os custos de investimento, que correspondem aos custos iniciais do ano zero, R\$ 21.000,00 e R\$ 36.000,00, respectivamente, e o custo de produção, R\$ 34.857,22 e R\$ 51.095,26, respectivamente. Este último corresponde a soma dos custos de mão-de-obra, manutenção, utilidades, adequação da área e tratamento de efluentes.

Depreciação

O Capital Total de Investimento do Sistema 1 é de R\$ 21.000,00 e do Sistema 2 é de R\$ 36.000,00. O valor de salvamento, que diz respeito ao valor do sistema de dessalinização avaliado no final da vida da planta, foi considerado como sendo zero, e dessa forma, a depreciação (D) para cada um dos sistemas corresponde ao mesmo valor do Capital Total de Investimento. Na Tabela 5, tem-se os resultados obtidos para a depreciação em MACRS.

Tabela 5. Resultado da depreciação pelo método MACRS.

Anos	Sistema 1			Sistema 2		
	dk(DDB)	dk(SL)	dk(MACRS)	dk(DDB)	dk(SL)	dk(MACRS)
0	0,00			0,00		
1	4.200,00		4.200,00	7.200,00		7.200,00
2	6.720,00	3.733,33	6.720,00	11.520,00	6.400,00	11.520,00
3	4.032,00	2.880,00	4.032,00	6.912,00	4.937,14	6.912,00
4	2.419,20	2.419,20	2.419,20	4.147,20	4.147,20	4.147,20
5	1.451,52	2.419,20	2.419,20	2.488,32	4.147,20	4.147,20
6	870,91	1.209,60	1.209,60	1.492,99	2.073,60	2.073,60
Somatório			R\$21.000,00			R\$36.000,00

Lucro líquido de fluxo de caixa

A receita foi considerada como o valor pago pelos condôminos caso usassem o serviço de fornecimento de água e esgoto pela concessionária local, sendo este de R\$ 30.578,59 para o Sistema 1 e de R\$ 61.157,19 para o Sistema 2. O custo de manufatura utilizando o Sistema 1 e o Sistema 2 foi de R\$ 34.657,22 e R\$ 51.095,26, respectivamente, e não foi considerada a cobrança de impostos, visto que o produto final será usufruído pelos

moradores e não vendido. Desta forma, os gráficos obtidos para o Fluxo de Caixa Acumulado de ambos os sistemas são apresentados na figura 2.

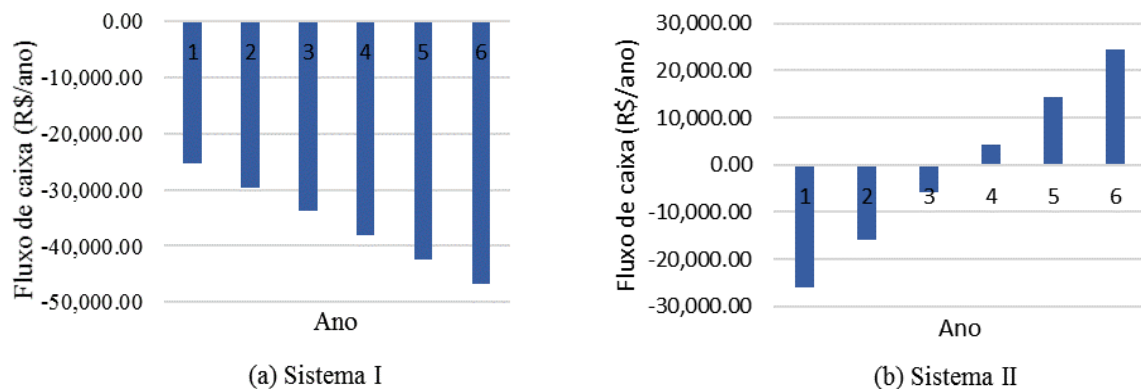


Figura 2: Fluxo de Caixa após Impostos Acumulado. Fonte: Autor do Trabalho.

Assim, o Fluxo de Caixa Acumulado mostra a inviabilidade econômica do investimento de instalação do sistema de dessalinização para o Sistema 1, visto que o prejuízo aumenta com o passar dos anos. Quanto ao Sistema 2, observa-se que a partir do ano 4, o fluxo de caixa acumulado assumiu valores positivos, indicando a possibilidade da viabilidade econômica da aquisição do sistema. Tal hipótese pode ser confirmada por meio da análise de rentabilidade para este sistema.

Análise de rentabilidade

Para o Sistema 2 o PBP foi de 3,78 anos, mostrando que o investimento de instalação do sistema de dessalinização é recuperado dentro de seu tempo de vida útil. A partir desse momento, obteve-se uma economia para os condôminos, quando comparado com a situação de estarem sendo abastecidos pela concessionária de água local. O valor calculado para o ROROI foi de 0,17, apontando que o investimento apresenta uma taxa de retorno de 17%. Quanto ao CCR, o valor resultante foi de 2,72, que, por ser maior do que 1, segundo Turton *et al.* (2009), indica que este investimento é potencialmente lucrativo.

CONCLUSÃO

Analisando-se o Fluxo de Caixa Cumulativo, conclui-se que a instalação do sistema de dessalinização para o Sistema 2 apresenta viabilidade econômica, quando comparada com a situação de fornecimento da empresa local de abastecimento, diferentemente da instalação do sistema de dessalinização para o Sistema 1, que não apresentou viabilidade econômica. A análise de rentabilidade comprova a possibilidade de redução de gastos oferecida pelo Sistema 2, através da recuperação do capital de investimento em tempo hábil. Portanto, para o presente estudo de caso, a razão cumulativa de caixa (CCR), juntamente com a análise de rentabilidade, indicaram o Sistema 2 como melhor alternativa de investimento. Com esse resultado, confirma-se a possível utilização de sistemas de dessalinização como uma solução para a atual crise hídrica enfrentada, podendo ser alvo de interesse e investimento do poder público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). **Monitoramento dos Volumes dos Açudes: Julho/2016**. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaVolumesMensaisAnterior>. Acesso: 29 de julho de 2016.
2. Araújo, A. C. S. P. A. **Contribuição para o Estudo da Viabilidade/Sustentabilidade da Dessalinização enquanto Técnica de Tratamento de Água**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa. Lisboa – Portugal, 2013.
3. Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB). **Manual de Dessalinizador - equipamento que transforma água salobra em potável**. Disponível em:

- [http://www.cerb.ba.gov.br/sites/www.cerb.ba.gov.br/files/sala_de_imprensa/publicacoes/MANUAL%20DESSANILIZADOR\[1\].pdf](http://www.cerb.ba.gov.br/sites/www.cerb.ba.gov.br/files/sala_de_imprensa/publicacoes/MANUAL%20DESSANILIZADOR[1].pdf). Acesso: 12 de maio de 2016.
4. Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA). **Estrutura Tarifária/ Tabela serviços**. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/Estrutura-Tarif%C3%A1ria-2016-.pdf>. Acesso: 30 de julho de 2016.
 5. Folha de São Paulo. **Água no Brasil**. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/infograficos/2015/01/118521-agua-no-brasil.shtml>. Acesso: 30 de julho de 2016.
 6. G1 Paraíba. **Açude de Boqueirão, na PB, atinge 10,9% do volume, pior nível da história**. Disponível em: <http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2016/03/acude-de-boqueirao-na-pb-atinge-109-do-volume-pior-nivel-da-historia.html>. Acesso: 11 de maio de 2016.
 7. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Vamos conhecer o Brasil**. Disponível em: <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/familias-e-domicilios.html>. Acesso: 30 de julho de 2016.
 8. PBAGORA. **CG tem reservatório limitado até 2017**. Disponível em: <http://www.pbagora.com.br/conteudo.php?id=20160331053109&cat=paraiba&keys=cagepa-informa-tem-como-abastecer-campina-grande-somente-ate-fevereiro>. Acesso: 11 de maio de 2016.
 9. Silva, D. A. C., Santos, E. B., Duarte, J. A. **Utilização de osmose reversa para tratamento de águas**. Revista e-f@tec, vol.3, n.1, 2013.
 10. Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., Schaeiwitz, J. A. **Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes**. 2º Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2009.
 11. Zago, C. A., Weise, A. D., Hornburg, R. A. **A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas**. Anais do VI Congresso Virtual Brasileiro de Administração. Brasil, 2009.