

## **XI-059 - CÁLCULO DO CONSUMO PER CAPITA E PERDAS DE ÁGUA PARA A CIDADE DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL**

**Heber Pimentel Gomes<sup>(1)</sup>**

Professor Doutor da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – DECA, Coordenador/pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LENHS

**Moisés Menezes Salvino**

Engenheiro Civil, Bacharel em Computação, Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LENHS

**Kenny Rogers Da Silva Henriques**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestrando em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba, pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LENHS

**Leonardo Leite Brasil Montenegro**

Engenheiro Civil da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA

**Luciano Da Nóbrega Pereira**

Engenheiro Civil da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal da Paraíba – UFPB\LENHS, Cidade Universitária, João Pessoa – PB – Brasil. CEP: 58059-900. Tel: +55 (83) 3216-7037 Ramal: 22 Email: [heberp@uol.com.br](mailto:heberp@uol.com.br)

### **RESUMO**

Este trabalho trata da aplicação de uma metodologia de determinação do consumo per capita em sistemas urbanos de abastecimento de água. A metodologia se baseia nos dados dos consumos urbanos micromedidos e nas vazões macromedidas nos reservatórios de distribuição de água da cidade. O trabalho foi aplicado para a determinação do consumo per capita bruto da cidade de João Pessoa, Brasil. O consumo per capita bruto, ou efetivo, leva em conta o consumo per capita líquido, medido pelo hidrômetro domiciliar, e as perdas reais de água, que ocorrem ao longo do sistema de abastecimento. Os dados do trabalho foram disponibilizados pela Companhia de Abastecimento de Água do Estado da Paraíba (CAGEPA), referente ao ano de 2013. Com base nos resultados do trabalho, o consumo médio per capita líquido foi de 126,7 L/hab/dia e o per capita bruto médio, medido a partir das vazões macromedidas, foi de 191,9 L/hab/dia. Com base nesses valores, as perdas médias reais de água, para a cidade de João Pessoa, foi de 34%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo per capita, Perdas de água.

### **INTRODUÇÃO**

O consumo per capita é a quantidade de água usada, por dia, em média, por um habitante, e que é, normalmente, expresso em litros/habitante/dia (L/hab/dia). Para efeito de determinação da demanda de água do sistema de abastecimento urbano, o consumo per capita médio, conforme definido antes, inclui a parcela representada pelas perdas reais de água. O consumo per capita, sem a inclusão das perdas reais no sistema de distribuição de água denomina consumo per capita líquido; com a inclusão das perdas reais de água passa a chamar-se consumo per capita efetivo, ou simplesmente consumo per capita.

Os fatores que afetam o consumo de água nas comunidades são de ordem geral e específica. Dentre os de ordem geral, destacam-se o tamanho da cidade, suas características, tipo e quantidade de indústrias, clima, hábitos higiênicos e destino dos dejetos. Quanto aos específicos, pode-se destacar a modalidade do abastecimento (à demanda ou por turnos mediante manobras) e a qualidade do suprimento, o custo da água, a pressão na rede e o controle do próprio consumo.

A obtenção do consumo per capita de um setor abastecido se dá através das informações obtidas das leituras dos hidrômetros (micromedidores), das leituras das vazões dos macromedidores, ou pode ser adotado, quando não existir informação, de sistemas com características semelhantes.

Oliveira (2002) propôs a caracterização do consumo per capita de água da cidade do Natal, em uso doméstico nas edificações unifamiliares e multifamiliares, segundo a classe socioeconômica de seus usuários, objetivando disponibilizar aos projetistas, dados mais consistentes na elaboração de projetos. O autor adota que o consumo per capita líquido é o valor médio de água consumida por uma pessoa em um intervalo de 24 horas. A determinação do consumo per capita líquido foi realizada através do consumo mensal da água obtido pela Companhia de Abastecimento de Água do Rio Grande do Norte (CAERN) através de hidrômetro e de questionários aplicados nas edificações com a finalidade de coletar dados individuais dos consumidores. As classes sociais foram divididas entre A, a de maior poder aquisitivo, até a E, a de menos poder aquisitivo. Como resultado do trabalho, Oliveira obteve os seguintes valores: 272 L/hab/dia para a classe A; de 239 L/hab/dia, para a classe B; de 156 L/hab/dia, para a C; de 129 L/hab/dia para a D; e de 98 L/hab/dia, para a classe E.

Botelho (2013) realizou, na cidade de Salvador (BA), um estudo do consumo de água intradomiciliar, total e por dispositivo hidráulico, com base na metodologia de setorização do consumo de água por aparelho, elaborada a partir da identificação das curvas de vazões, impressas pelo dispositivo hidráulico no instante do uso e uso de software específico. Dentre as três residências investigadas, incluídas em faixas de consumos típicos entre 7 a 12 m<sup>3</sup> mensais foi-se observado um consumo médio de 114 L/hab.dia.

Cunha (2013) estudou o consumo de água potável em habitações de interesse social no bairro de Jabaeté, em Vila Velha (ES), por meio da aplicação de questionário e monitoramento das residências. Os questionários foram aplicados em 108 casas do bairro e foram realizados cinco tipos de monitoramentos: os semanais (no hidrômetro geral de trinta casas), os diários (nos hidrômetros instalados nos aparelhos hidrossanitários, em cinco casas) e o acompanhamento das leituras da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), através da conta de água dos moradores. O consumo per capita médio encontrado para essa região periurbana foi de 97,4 L/hab.dia. Foi notória a diferença entre o consumo médio das moradias, as quais variaram de 38,71 até 231,48L/hab.dia.

A metodologia testada nesse trabalho utiliza, como estudo de caso, os dados da cidade de João Pessoa, Brasil, referente ao ano de 2013, disponibilizados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada nesse trabalho determina o consumo per capita a partir dos dados micromedidos nos medidores individuais dos consumidores residenciais, industriais, comerciais e públicos, como também a partir dos dados macromedidos nos sistemas de abastecimento de água delimitados pelos vários reservatórios de distribuição situados dentro da zona urbana.

A partir dos dados micromedidos o consumo per capita pode ser determinado seguindo as etapas (linhas) apresentadas no Quadro 01. O significado das variáveis mostradas nas etapas do Quadro 1 são:

- Linha 01 – Ligações reais ativas. É a quantidade de imóveis cujo ramal predial de água esteja conectado e abastecido pela rede de distribuição.
- Linha 02 – Ligações reais desligadas (cortadas). É a quantidade de imóveis em que o ramal predial esteja conectado à rede de distribuição, porém desligado temporariamente.
- Linha 03 – Ligações reais desligadas (suprimidas parcialmente). É a quantidade de imóveis cujo ramal esteja conectado à rede de distribuição, mas desligado do imóvel em virtude da remoção de uma parte da tubulação.
- Linha 04 – Total de ligações. É a quantidade total de ligações.
- Linha 05 – Economias reais residenciais. É a unidade de consumo para fins de moradia. De acordo com o SNIS economias são moradias, apartamentos, unidades comerciais, salas de escritório, indústrias, órgãos públicos e similares existentes numa determinada edificação, que são atendidos pelos serviços de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário.

- Linha 06 – Economias reais comerciais. Quantidade de unidades de consumo com finalidade para o exercício de atividade econômica ou circulação de bens ou serviços.
- Linha 07 – Economias reais industriais. Quantidade de unidades de consumo para fins de exercício de atividade classificada como industrial.
- Linha 08 – Economias reais públicas. Quantidade de unidades de consumo para o exercício de atividade de órgãos e entidades do poder público e civil.
- Linha 09 – Total de economias reais. Quantidade total de economias.
- Linha 10 – Relação economia por ligação. Valor médio de economias por ligação, determinado pela relação entre os valores da Linha 9 e a Linha 4.
- Linha 11 – Ligação com medição. Número de ligações com informação de consumo no período do ano.
- Linha 12 – Volume médio, mensal, das ligações residenciais com hidrômetro.
- Linha 13 – Volume médio, mensal, das ligações industriais com hidrômetro.
- Linha 14 – Volume médio, mensal, das ligações comerciais com hidrômetro.
- Linha 15 – Volume médio, mensal, das ligações públicas com hidrômetro.
- Linha 16 – Volume per capita residencial. O consumo per capita residencial, calculado na linha 16, é obtido da seguinte forma: converte-se o volume médio das ligações residenciais (Linha 12) para a unidade de L/dia; esse valor convertido é dividido pela relação economia por ligação (Linha 10); em seguida divide-se esse resultado pela quantidade média de habitantes residentes no domicílio. O número médio de habitantes por domicílio pode ser determinado com base nos dados censitários do IBGE.
- O consumo per capita industrial, comercial e público apresentado, respectivamente, nas linhas 17, 18 e 19 foram obtidos como uma porcentagem do consumo per capita residencial. Porcentagem essa encontrada pela divisão do volume total por parte das ligações comerciais, industriais ou públicas pelo volume total residencial durante todo o ano de estudo.
- Linha 20 – O consumo per capita líquido (sem perdas) é obtido pela adição das porcentagens (valores das linhas 17, 18 e 19) ao per capita residencial.
- Linha 21 – O per capita efetivo é calculado por meio da Equação 1, admitindo-se um índice de perdas reais de água “I”, em decimais. As perdas por submedição nos hidrômetros também representa uma parcela a ser acrescida para a composição do per capita efetivo, mas pela ausência dessa informação essa parcela não será considerada nesse trabalho.

Para a determinação do consumo per capita efetivo, devem ser adicionadas as perdas reais de água do sistema de abastecimento para o horizonte de projeto. Assim, o consumo per capita de água efetivo é calculado segundo a Equação 1.

$$q_e = \frac{q}{1 - I} \quad (1)$$

onde:

qe = Consumo per capita efetivo de água.

q = Consumo per capita líquido.

I = índice de perdas de água reais, em decimais.

**Quadro 1 – Etapas para a determinação do consumo per capita efetivo**

linha	quadro de cálculo do per capita para João Pessoa - PB - ano: 2013			
	item		valor	unidade
1	ligações reais	ligadas		und
2		desligadas	cortadas	und
3			suprimidas parcialmente	und
4		total		und
5	Economias reais	residencial		und
6		comercial		und
7		industrial		und
8		público		und
9		total		und
10	relação economia por ligação			
11	ligações com medição			und
12	volume médio, mensal, das ligações residenciais com hidrômetro			m³/mês
13	volume médio, mensal, das ligações industriais com hidrômetro			m³/mês
14	volume médio, mensal, das ligações comerciais com hidrômetro			m³/mês
15	volume médio, mensal, das ligações públicas com hidrômetro			m³/mês
16	per capita residencial			l/hab.dia
17	per capita industrial como porcentagem do per capita residencial			
18	per capita comercial como porcentagem do per capita residencial			
19	per capita público como porcentagem do per capita residencial			
20	per capita total real sem perdas			l/hab.dia

## RESULTADOS

### CONSUMO PER CAPITA MÉDIO DA CIDADE COM BASE NOS DADOS DE MICROMEDIÇÃO

O setor comercial da CAGEPA disponibilizou o cadastro de todos os clientes e os consumos mensais correspondentes ao ano de 2013. Com base nesses dados cadastrais foi realizado um processamento informático para extrair as grandezas sintetizadas no Quadro 2. Nesse quadro estão agrupados todos os dados, calculados a partir do cadastro comercial extraídos das micromedidas da CAGEPA, necessários para o cálculo do consumo per capita, referente ao ano de 2013.

A taxa de ocupação domiciliar média para a cidade de João Pessoa, segundo o censo do IBGE do ano 2010, foi de 3,36 pessoas/domicílio, que foi o valor adotado no presente estudo.

Segundo os resultados apresentados no Quadro 2, o consumo per capita domiciliar médio (líquido), sem levar em conta as perdas reais de água no sistema de abastecimento da cidade, foi de 126,7 L/hab/dia. Esse valor médio está de acordo com o valor esperado, segundo dados de outros trabalhos citados na literatura.

### CONSUMO PER CAPITA POR SETORES COMERCIAIS

De acordo com o banco de dados que gerencia a informação dos consumos de cada uma das economias, a cidade de João Pessoa foi dividida, pela CAGEPA, em áreas, conhecidas como setores comerciais. Esses setores estão identificados e separados no banco de dados, possibilitando o cálculo do consumo per capita de cada um deles, separadamente, o que permitirá a comparação entre eles e entre o consumo per capita efetivo médio determinado no Quadro 2. A Figura 1 representa a divisão dos setores comerciais com seus respectivos números de identificação, enquanto na Tabela 1 são mostrados os valores dos consumos per capita de cada setor comercial, determinados de acordo com a metodologia sintetizada pelo Quadro 1.

Quadro 2 - Cálculo do Per Capita Efetivo para a Cidade de João Pessoa

linha	quadro de cálculo do per capita para joão pessoa - PB - ano: 2013			
	item	valor	unidade	
1	ligações reais	ligadas	187.762	und
2		desligadas	cortadas	28.773 und
3			suprimidas parcialmente	8.676 und
4		total	225.211	und
5	Economias reais	residencial	279.939	und
6		comercial	22.441	und
7		industrial	2.338	und
8		público	2.563	und
9		total	307.281	und
10	relação economia por ligação		1,364	
11	ligações com medição		179.600	und
12	volume médio, mensal, das ligações residenciais com hidrômetro		13,91	m³/mês
13	volume médio, mensal, das ligações industriais com hidrômetro		31,37	m³/mês
14	volume médio, mensal, das ligações comerciais com hidrômetro		18,29	m³/mês
15	volume médio, mensal, das ligações públicas com hidrômetro		92,51	m³/mês
16	per capita residencial		101,14	l/hab.dia
17	per capita industrial como porcentagem do per capita residencial		2,57%	
18	per capita comercial como porcentagem do per capita residencial		14,38%	
19	per capita público como porcentagem do per capita residencial		8,31%	
20	per capita total real sem perdas		126,7	l/hab.dia



Figura 1 - Setores Comerciais da CAGEPA da Cidade de João Pessoa

Os valores dos consumos per capita dos setores comerciais refletem, de forma aproximada, as diferenças espaciais das demandas urbanas, decorrentes das distintas classes sociais dos bairros da cidade (nos bairros de classe média alta o per capita é, significativamente, maior do que o per capita dos bairros de classe média baixa).

**Tabela 1 – Valores dos consumos per capita, em L/hab/dia, dos setores comerciais de João Pessoa referente ao ano 2013**

Setor Comercial	Consumo per Capita (L/hab/dia)	Setor Comercial	Consumo per Capita (L/hab/dia)	Setor Comercial	Consumo per Capita (L/hab/dia)
1	169,00	30	222,29	67	125,57
2	75,35	31	136,06	68	81,91
3	352,38	32	86,51	69	129,97
4	492,77	33	123,60	70	150,20
5	170,98	36	109,90	71	150,20
6	123,94	38	75,62	72	96,53
7	76,70	39	121,75	73	112,79
8	198,83	40	113,55	74	103,90
9	103,68	41	80,08	75	107,60
10	124,34	42	79,81	76	94,64
11	78,82	43	70,15	77	77,92
12	115,31	44	93,36	78	148,71
13	98,98	45	66,08	79	107,23
14	106,23	46	75,23	80	129,62
15	102,06	52	99,71	81	136,50
16	83,97	53	117,15	82	131,66
17	103,09	54	133,26	83	178,27
18	83,23	55	135,26	84	121,98
19	109,68	56	113,48	85	181,31
20	95,69	57	62,06	86	142,42
21	104,98	58	146,18	87	337,49
22	102,85	59	192,71	89	166,33
23	107,35	60	251,66	90	146,00
24	95,16	61	649,14	91	116,93
25	101,51	62	153,27	92	115,82
26	104,52	63	124,23	93	121,26
27	83,45	64	148,28	94	102,00
28	98,22	65	106,36	95	38,84
29	107,67	66	152,21	99	38,84
Média da Cidade					126,7

## CONSUMO PER CAPITA COM BASE NOS DADOS MACROMEDIDOS POR ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS RESERVATÓRIOS

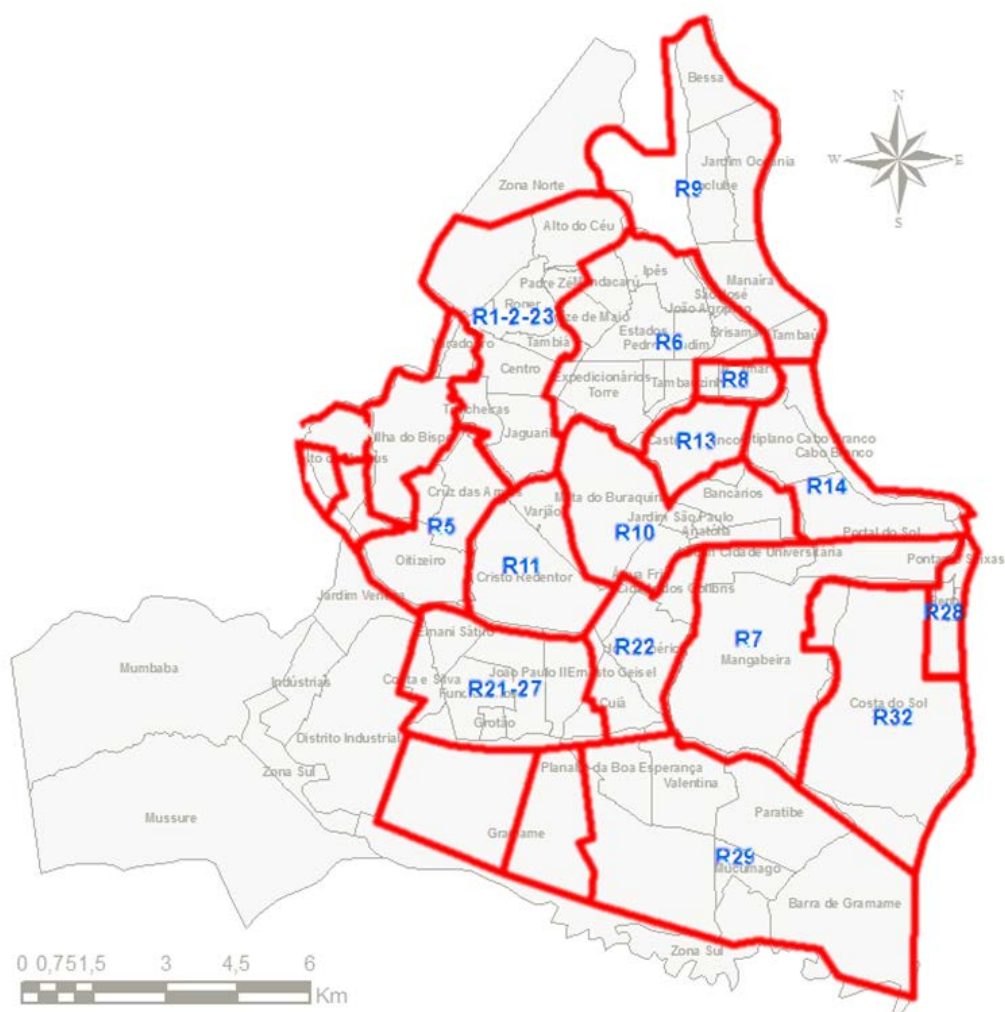
A Figura 2 mostra o posicionamento e as áreas de atendimento dos reservatórios que abastecem a cidade de João Pessoa, com os bairros correspondentes situados nessas áreas. Observa-se, por meio dessa figura, que há bairros que recebem água de mais de um reservatório. Na Tabela 2 estão apresentados os valores dos consumos médios macromedidos para cada reservatório, as populações atendidas e os consumos per capita brutos, ou efetivos, por área de influência dos reservatórios, correspondentes ao ano de 2013. Os volumes per capita calculados, e apresentados na Tabela 2, são os valores brutos, considerando os abastecimentos a jusante



desses reservatórios, que levam em conta as perdas reais que ocorrem nos setores abastecidos após os reservatórios.

**Tabela 2 - Valores dos consumos per capita de João Pessoa, em L/hab/dia, por área de influência dos reservatórios referente ao ano 2013**

Reservatório	Volume médio mensal m <sup>3</sup> /mês	Per capita efetivo L/hab/dia
R5	309.626	183,86
R29	61.086	33,57
R21-27	332.243	144,62
R11	514.952	292,30
R7	451.414	151,10
R14	23.752	51,64
R1-2-23	763.803	396,45
R6	802.894	306,47
R9	394.275	166,99
<b>Média</b>		<b>191,9</b>



**Figura 2 - Área de Influência dos Reservatórios para a Cidade de João Pessoa**

Nos valores calculados e apresentados na Tabela 2 não estão consideradas as perdas reais de água, que ocorrem nas adutoras que levam água das estações de tratamento (ETAs) até esses reservatórios.

Comparando-se o valor médio do consumo per capita bruto, de 191,9 L/hab/dia, medido a partir dos reservatórios de distribuição (ver Tabela 2), com o valor médio líquido micromedido, de 126,7 L/hab/dia (Quadro 2 e Tabela 1), o valor médio das perdas, per capita, é igual a 65,2 L/hab/dia. Esse último valor corresponde a uma perda média de água, desde os reservatórios até os consumidores, de 34%, valor este obtido por meio da Equação 1. Essa diferença no balanço hídrico pode ser considerada uma perda real de água, desde que os valores micromedidos nos hidrômetros não estejam alterados, para baixo, em decorrência da obsolescência desses equipamentos. Sabe-se que os micromedidores com idades superiores a cinco anos passam a submedir os volumes de água que passam por eles. Como não se dispõe de uma análise da qualidade dos hidrômetros, atualmente instalados na cidade de João Pessoa, não se pode aferir o quanto de perda aparente por submedição dos micromedidores está contida nos 34% calculados. Além disso, devem-se considerar, ainda, no cômputo do per capita bruto, as perdas reais que acontecem entre as ETAs e os reservatórios de distribuição, relacionados na Tabela 2. Diante da ausência de informações e complexidade do estudo, essa parcela não será levada em consideração. Isso implica em dizer que o consumo per capita bruto, para a cidade de João Pessoa, é superior aos 191,9 apontados na Tabela 2.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O consumo per capita médio domiciliar, líquido, da cidade de João Pessoa, obtido por meio dos dados de micromedição, disponibilizados pela CABEPA, para o ano de 2013, foi de 126,7 L/hab/dia.

Esse mesmo valor foi determinado a partir dos dados micromedidos, disponibilizados pela CAGEPA, para os diversos setores comerciais da cidade, demonstrando a heterogeneidade dos valores desses consumos, em relação ao poder aquisitivo da população. Em alguns setores o per capita alcançou valores superiores a 300 L/hab/dia e em outros o per capita foi inferior a 80 L/hab/dia.

O consumo per capita médio, obtido a partir dos volumes macromedidos nos reservatórios de distribuição de água da cidade, foi de 191,9 L/hab/dia. Esse valor leva em conta as perdas reais de água existentes nas tubulações de abastecimento de água a jusante dos reservatórios de distribuição e possíveis perdas aparentes devidas a sub medições nos micromedidores dos usuários atendidos por esses reservatórios.

Com base nos valores médios macro e micromedidos, a perda a jusante dos reservatórios é de 34%. Considerando que a montante dos reservatórios de distribuição existem perdas reais de água, o consumo per capita bruto da cidade de João Pessoa será superior a 191,9 L/hab/dia. No entanto, o valor do consumo per capita bruto, ou efetivo, da cidade de João Pessoa, só será determinado a partir da estimativa das perdas reais existentes em todo o sistema de abastecimento de água da cidade de João Pessoa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOTELHO, G.L.P. Avaliação do consumo de água em domicílios: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos. 2013. 215 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
2. CUNHA, K.F. Caracterização e monitoramento do consumo de água em habitações de interesse social. 2013. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
3. GOMES, H. P. Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias. 3 ed. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2009.
4. OLIVEIRA, J.I.; LUCAS FILHO, M. Consumo per capita de água na cidade de Natal segundo a estratificação socioeconômica. In: IV SEREA – Seminário Hispano-Brasileiro sobre sistemas de abastecimento urbano de água, 2004, João Pessoa.