PREVISÃO DE DEMANDA URBANA DE ÁGUA: UMA ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS NO DISTRITO FEDERAL[1]

TOTUGUI, N., Universidade de Brasília (UnB), e-mail: nataliatotugui@gmail.com; VALVERDE, B., UnB, e-mail: brunavalverde87@gmail.com; SANT'ANA, D., UnB, e-mail: dsantana@unb.br

ABSTRACT

The Federal District faces water stress since 2016, with alarming low levels of water availability for urban water supply. In order to reduce urban water demand and promote water conservation, it is crucial to understand how water is being used by different types of buildings. This article aims to classify the different commercial activities to identify commercial water consumption indicators in commercial units in the District Federal, and with that, elaborate an urban demand forecast model. The methodology was based on the composition of a representative model that consists of a quantitative survey, number of samples, characterization of the typology (population, areas, activities developed, etc.) and water demand for the creation of a land consumption indicators (l/p/d, l/m²/d, etc.). The indicators creation are important to design building systems and monitoring the evolution of consumption in commercial activities. It was found, as a result, that the best variable of consumption corresponds the total of population in commercial activities. In addition, analyses of correlation and regression showed that all independent variables affect water demand.

***Keywords**: Commercial establishments. Water consumption indicators. Forecasting urban water demand.*

1 INTRODUÇÃO

O Distrito Federal encontra-se em estresse hídrico e, na medida em que os recursos naturais chegam ao seu limite em função de uma exploração demasiada, torna-se imprescindível ações voltadas ao controle da demanda de água. A fim de reduzir a sobrecarga de exploração sobre recursos hídricos, o emprego de diferentes estratégias conservadoras de água em edificações tem sido visto como uma medida eficaz para a redução da demanda urbana de água (ALVARES e SANT'ANA, 2016). A compreensão detalhada dos padrões de consumo de água abre caminho para o desenvolvimento e a avaliação de programas de conservação de água (WHITE e FANE, 2002). A previsão da demanda urbana de água não apenas auxilia na gestão de recursos hídricos, mas também fornece uma base para a elaboração de um planejamento estratégico voltado à conservação de água (BILLINGS e JONES, 2008). Além disso, modelos e indicadores de consumo de água auxiliam no correto dimensionamento de sistemas de abastecimento de água e de instalações prediais (TOMAZ, 2000; TSUTIYA, 2006).

Dentro desse contexto, faz sentido compreender como a água está sendo utilizada nos diferentes setores residenciais, comerciais e institucionais do

[1] TOTUGUI, N.; VALVERDE, B.; SANT'ANA, D. Previsão de demanda urbana de água: uma análise do consumo de água em estabelecimentos comerciais no Distrito Federal. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Distrito Federal. Em um estudo prévio, o consumo doméstico de água no Distrito Federal foi explorado, analisando variáveis socioeconómicas e de tipologia residencial, gerando indicadores de consumo de água e dois modelos de previsão de demanda de água (uso interno e uso externo) baseado em uma análise multivariada e regressão múltipla (SANT'ANA e MAZZEGA, 2017). No que se diz respeito à demanda urbana de água em estabelecimentos comerciais, diferentes estudos internacionais analisaram a demanda de água em estabelecimentos comerciais em termos de sua área construída (KIM e McCUEN, 1979; MORALES *et al.,* 2011), data de construção (MORALES *et al.,* 2011), população (MORALES e HEANEY, 2014), e preço de água (LYNNE *et al.*, 1978; DZIEGIELEWSKI *et al.,* 2000).

Este artigo tem como objetivo classificar as diferentes atividades do setor comercial e identificar as principais variáveis que afetam o consumo de água em estabelecimentos comerciais no Distrito Federal, apresentando indicadores de consumo predial por atividade e um modelo de previsão de demanda urbana de água.

2 METODOLOGIA

Como ponto de partida, foram classificadas as atividades comerciais devido à grande variedade existente e divididas em duas partes: de comércio e de serviços. Esta classificação, apresentada na Tabela 1, foi elaborada a partir da análise e síntese das categorias de atividades comerciais extraídas do IBGE (2016) e FECOMÉRCIO-DF (2016). Foram obtidos dados de consumo de água faturados da concessionária local para 519 endereços comerciais das regiões administrativas de Brasília, Setor Sudoeste, Lagos Norte e Sul dos anos 2013 a 2016. Em seguida, foram aplicadas entrevistas estruturados voltadas a pessoas chave nos mesmos endereços comerciais com o objetivo de coletar dados relativos à população fixa (funcionários) e flutuante (clientes), área construída e número de equipamentos hidráulicos. Observou-se que em diversas amostragens os valores mensais sofreram uma mudança significativa no padrão de consumo ao longo dos anos. Constatou-se que muitas lojas fecharam ao longo do tempo e foram substituídas por outras atividades comerciais no mesmo endereço, alterando, consequentemente, o consumo da unidade. Pela dificuldade em identificar as atividades comerciais anteriores, este estudo considerou apenas os dados de consumo entre de 2015 e 2016. Logo, 218 amostras foram excluídas, totalizando 301 amostras analisadas. Com isso, os dados de consumo e de população e área construída, foi possível gerar indicadores de demanda de água por atividade comercial, identificando quais atividades possuem o maior índice de consumo predial. Para identificar quais as principais variáveis que afetam o consumo de água em edificações comerciais, uma análise de correlação foi realizada utilizando coeficiente de correlação de Pearson. Em seguida, as variáveis independentes (preço de água, população, área construída e número de equipamento hidráulicos) que apresentaram uma forte correlação com consumo de água (variável dependente) foram utilizadas em uma regressão multivariada. Com isso, a relação hipotética entre consumo de água em

estabelecimentos comerciais e o custo de água, população, área construída e número de equipamentos hidráulicos pode ser expressa conforme (Eq. 1):

$$D_{com} = \beta_0 + \beta_1 T_a + \beta_2 P + \beta_3 A_c + \beta_4 E_h + \varepsilon \quad (1)$$

Onde:

D_{com} = Demanda de água de estabelecimentos comerciais (litros/dia)
T_a = Preço de água (R$)
P = População
A_c = Área construída (m^2)
E_h = Equipamentos hiráulicos

3 RESULTADOS

Devido à grande variedade existente de atividades de comércio e serviços foi necessário classificá-las. As classificações apresentadas na tabela abaixo foram readaptadas das classificações das atividades comerciais da Revista Fecomércio DF (2016) e do IBGE.

Tabela 1: Classificação atividades do comércio e serviço

		ATIVIDADES
COMÉRCIO	A	PRODUTOS ALIMENTÍCIOS, bebidas e fumo, minimercados, mercearias e armazéns
	B	PADARIAS E CONFEITARIAS
	C	VESTUÁRIOS, TECIDOS, acessórios, armarinhos, bijuterias/ jóias, suvenires, calçados, cama, mesa e banho
	D	MÓVEIS, eletrodomésticos e decoração
	E	ARTIGOS FARMACÊUTICOS, médicos, óptica, artigos esportivos, perfumaria e cosméticos
	F	FARMÁCIAS
	G	EQUIPAMENTOS E MAT. ESCRITÓRIO, informática e comunicação
	H	LIVRARIA (livros, jornais e revistas) Papelaria e suprimento de informática
	I	VEÍCULOS, MOTOCICLETAS, partes, peças, acessórios, ferragens e ferramentas
	J	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO
	K	OUTROS COMÉRCIOS: floricultura, entre outros.
SERVIÇOS	L	RESTAURANTES/ BAR
	M	LANCHONETE, CAFÉ E SORVETERIA
	N	CLINICAS VETERINÁRIAS e PETSHOPS
	O	LAVANDERIAS
	P	SALÃO DE BELEZA E SERVIÇOS AFINS
	Q	ATIVIDADES DE CONDICIONAMENTO FÍSICO (academia, crossfit, bike e etc.)
	R	MANUTENÇÃO E SERVIÇOS EM GERAL (TI, sapateiro, costureira, móveis, eletrodomésticos, entre outros)
	Q	OUTROS SERVIÇOS

Fonte: Os autores

A tabela 2 apresenta as médias das variáveis e indicadores de consumo por atividade e geral.

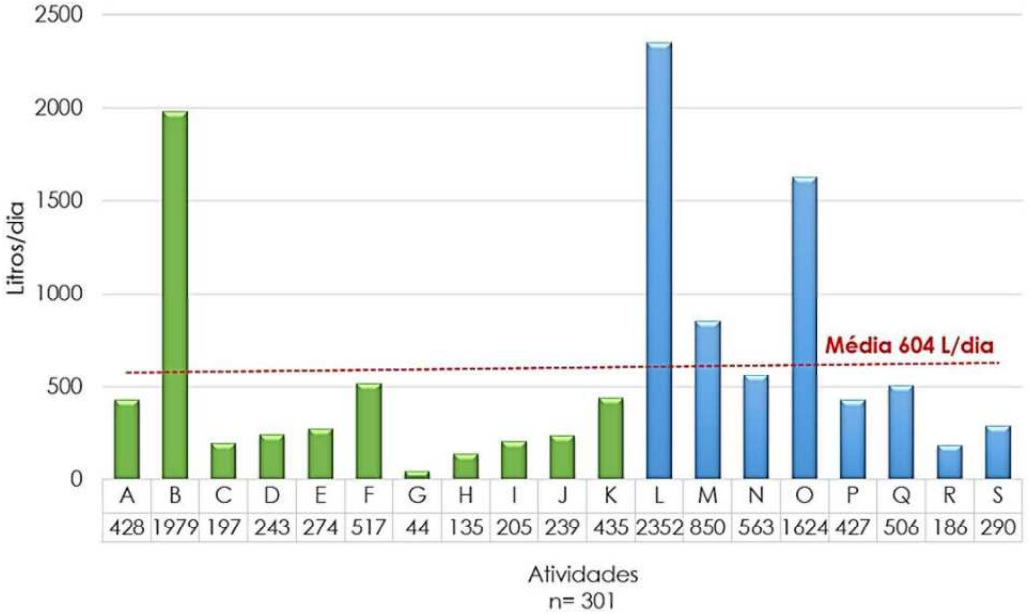
Tabela 2: Valores médios das variáveis e indicadores de consumo.

		Variável dependente	Variáveis Independentes	Indicadores de Consumo

	Atividades	Demanda (L/dia) N=301	População N= 461	Área N = 461	Equipamento Hidráulico N=461	*Per Capita* L/P/D N=301	Per Area L/M²/D N=301	Por Equipamento Hidráulico L/EQP.H./D N=301
Comércio	A	428	7	17	6	61	25	71
	B	1979	72	228	10	27	9	198
	C	196,7	3	79,7	4	66	2	49
	D	243	4	144	5	61	2	49
	E	273,9	3	77,5	5	91	4	55
	F	517	10	227,3	9	52	2	57
	G	44	1	27	2	44	2	22
	H	135	2	62	3	68	2	45
	I	205	4	82,7	5	51	2	41
	J	239	6	110	7	40	2	34
	K	435	5	120	5	87	4	87
Serviço	L	2352,4	171	180,8	12	14	13	196
	M	850	78	72,7	6	11	12	142
	N	562,6	46	130	8	12	4	70
	O	1623,6	39	93	7	42	17	232
	P	427,3	15	59	6	28	7	71
	Q	506	13	169,5	11	39	3	46
	R	186	4	42	3	47	4	62
	S	290	4	118,6	2	73	2	145
MÉDIAS		**605**	**26**	**107**	**6**	**48**	**6**	**88**

Fonte: Os autores

Gráfico 01-Consumo médio diário em litros por dia por atividade (2015-2016)



Fonte: Os autores

A análise do Gráfico 1, apontou os restaurantes e bares (L) como a atividade mais consumidora de água, com consumo médio de 2352 litros/dia; em segundo padarias e confeitarias (B), com 1979 litros/dia; em terceiro as lavanderias (O), consumindo 1624 litros/dia e; em quarto lugar lanchonetes, cafés e sorveterias (M) com gasto de 850 litros/dias, seguido por clínicas veterinárias e pet shops (N) que alcançou 563 litros/dia.

Observa-se que as atividades de serviços (em azul), em geral, são mais consumidoras que as do comércio (em verde). Padarias e confeitarias (B) é o tipo de atividade do comércio que mais consome água, por não ser apenas comercial, mas ter atividades de serviço inclusas como lanchonetes e confeitarias e, consequentemente, consumindo mais que as demais.
As atividades relacionadas ao preparo de alimentos têm um consumo maior do que as demais. Isso advém do uso intenso de água para limpeza de piso e lavagem de louças. Outras atividades, tais como Clínicas veterinárias e pet shops (N) e lavanderias (O), são grandes consumidoras também, pois dependem da água para a prestação dos serviços.

Tabela 3: Correlações da Variável dependente com as demais variáveis independentes

Correlações

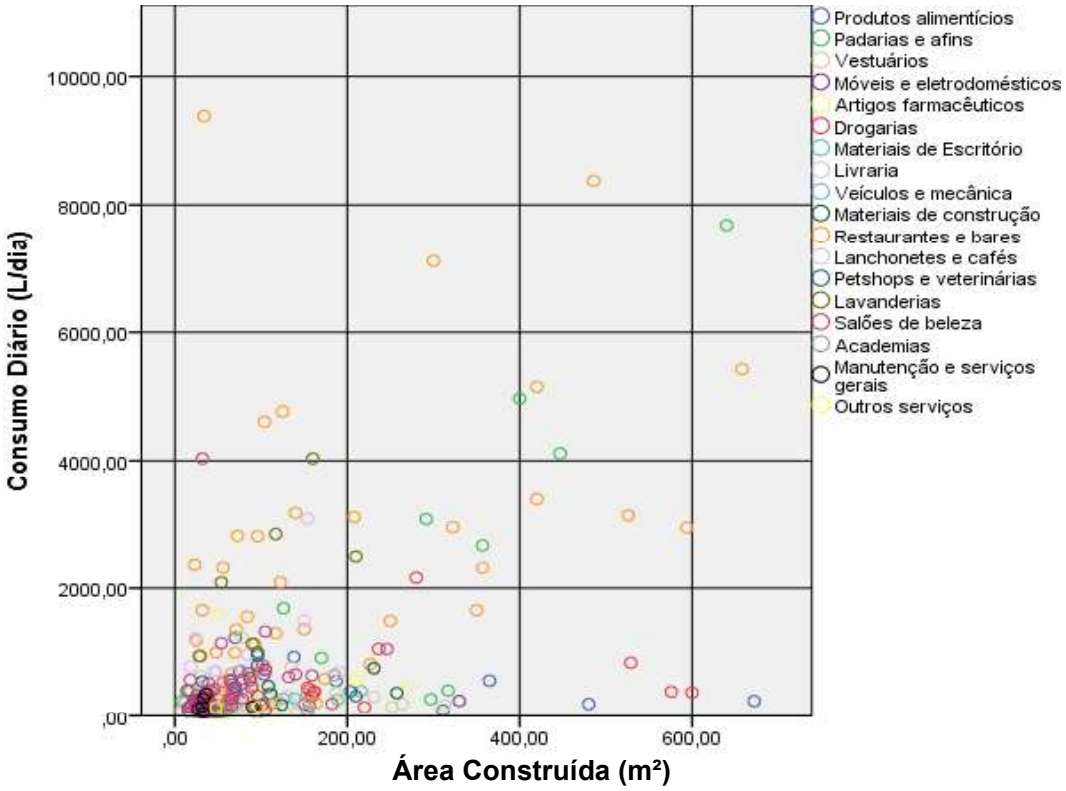
		Consumo Diário (L/dia)	População Total	Área Construída (m2)	Nº Equipamentos Hidráulicos	Custo de Água (R$/dia)
Consumo Diário (L/dia)	Correlação de Pearson	1	,652**	,465**	,549**	,998**
	Significância (Bilateral)		,000	,000	,000	0,000
	N	301	301	301	301	301

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Fonte: Os autores

A diferença encontrada entre as variáveis independentes e a variável dependente são estatisticamente significativa, pois a significância foi menor que 0,05. O custo de água diário (R$/dia) apresentou correlação positiva muito forte com o consumo diário (L/dia), pois ambos estão diretamente ligados, isto é, quanto maior o consumo maior o valor da conta de água. Já as variáveis de área construída e de equipamentos hidráulicos indicaram correlação positiva moderada, com Pearson de 0,5 e 0,6, respectivamente. Enquanto, população total apontou Pearson de 0,7, ou seja, correlação positiva forte. Portanto, os melhores parâmetros para analisar o consumo de água são as variáveis de população total e de custo de água.

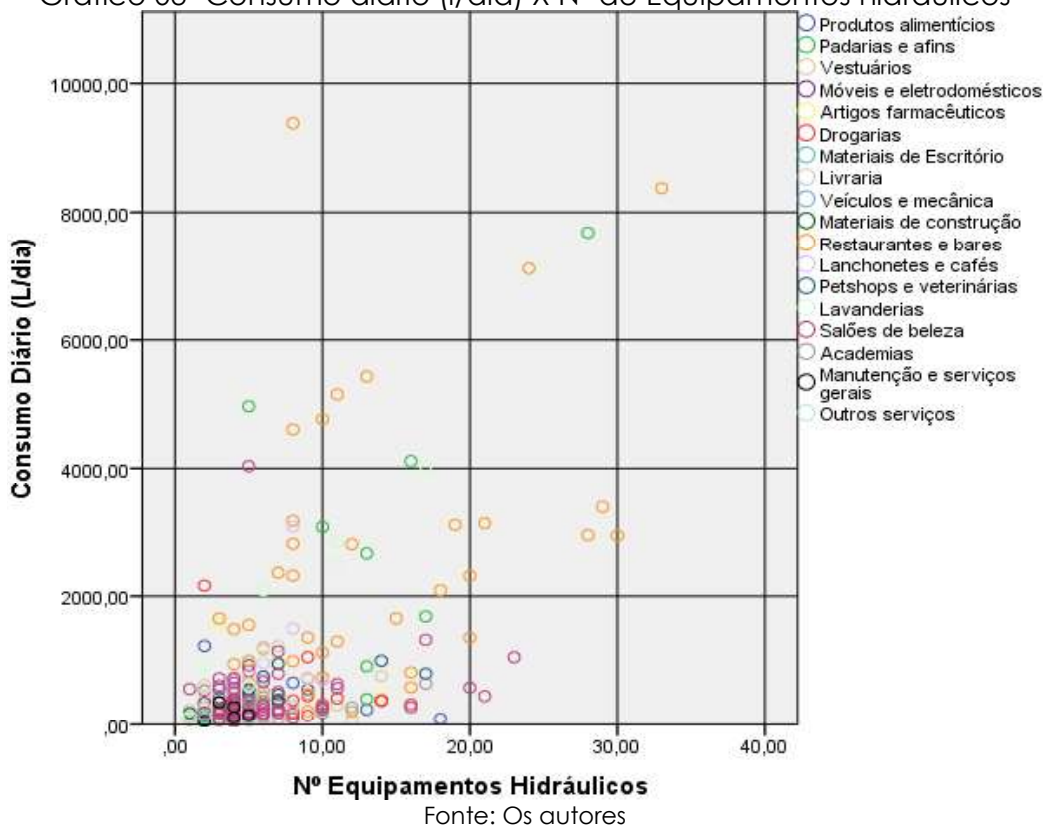
Gráfico 02- Consumo médio diário X Área total média



Fonte: Os autores

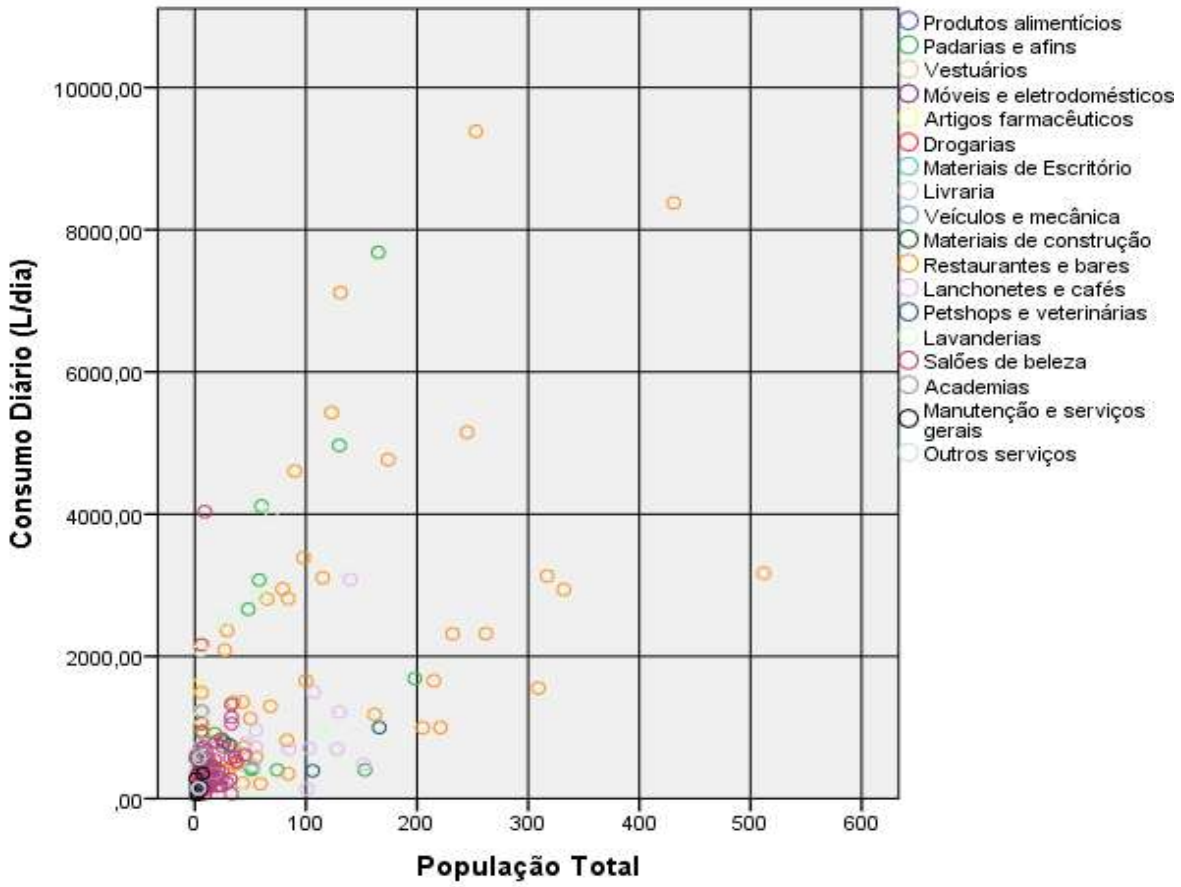
A variável área construída teve uma correlação moderada com a demanda, pois as atividades do comércio são muito diversificadas, variando muito as características de cada uma.

Gráfico 03- Consumo diário (l/dia) X Nº de Equipamentos hidráulicos



Fonte: Os autores

Gráfico 04 - Consumo diário (l/dia) X População total média diária



Fonte: Os autores

A variável população total foi uma das variáveis que se apresentou como a mais apropriada à parametrização, devido à boa correlação apresentada com o consumo de água em que Pearson foi 0,7, isto é, correlação positiva forte.

A Equação 2 abaixo apresenta os resultados da regressão por meio de um modelo de previsão de demanda urbana de água de estabelecimentos comerciais no Distrito Federal em termos do custo da água, população, área construída e número de equipamentos hidráulicos, com um R^2 equivalente a 0,995.

$$D_{com} = -23{,}44 + 93{,}48\,T_a + 0{,}26\,P + 0{,}06\,A_c + 3{,}90\,E_h \quad (2)$$

Onde:

D_{com} = Demanda de água de estabelecimentos comerciais
T_a = Preço de água
P = População
A_c = Área construída
E_h = Equipamentos hiráulicos

4 CONCLUSÕES

Este artigo classificou as diferentes atividades de comércios e serviços. Verificou-se que as atividades relacionadas ao preparo de alimentos e lavanderias têm um consumo bem acima da média (604 l/d) e que as atividades de serviço tendem a consumir mais do que as de comércio.

Os indicadores de consumo médio das atividades de comércios e serviços foram 48 l/p/d, 6 l/m²/d e 88 l/eqp.h./d. Constatou-se que o melhor parâmetro para comparar o consumo de água de distintas atividades comerciais foi o *per capita*. Além disso, as análises por correlação apontaram que o custo de água diário apresentou correlação positiva muito forte com o consumo e que as variáveis de área construída e de equipamentos hidráulicos indicaram correlação positiva moderada com a demanda de água. A população total indicou forte correlação. Em seguida, foi gerado um modelo de regressão voltado para a previsão de demanda urbana de água.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Karla; SANT'ANA, Daniel. Reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água: uma análise piloto em regiões residenciais do Distrito Federal: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção. In: ENTAC, 16., 2016, São Paulo. **Anais... .** Porto Alegre: ANTAC, 2016, p. 4372 - 4385. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_696.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2018.

BILLINGS, R.B.; JONES, C.V. **Forecasting urban water demand**. 2ª ed. Denver: AWWA, 2008. 350p.

DZIEGIELEWSKI, B.; KIEFER, J.C.; OPITZ, E.M.; PORTER, G.A.; LANTZ, G.L.; DEOREO, W.B.; MAYER, P.W.; NELSON, J.O**. Commercial and Institutional End Uses of Water**. Denver: AWWA Research Foundation, 2000. 298p.

INDICADORES IBGE: **Pesquisa Mensal de Comércio**. Brasil: IBGE, mar. 2016. Mensal. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Comercio_e_Servicos/Pesquisa_Mensal_de_Comercio/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pmc>. Acesso em: 07 jun. 2017.

KIM, J.R. McCUEN, R.H. Factors for predicting commercial water use. **Journal of the American Water Resources Association**, v.15, n.14, p. 1073-1080, 1979.

LYNNE, G.; W. LUPPOLD; C. KIKER. Water Price Responsiveness of Commercial Establishments. **Water Resources Bulletin** v.14 n.3 p.719-729, 1978.

MORALES, M.A.; HEANEY, J.P.; FRIEDMAN, K.R.; MARTIN, J.M. Estimating commercial, industrial and institutional water use on the basis of heated building area. **Journal AWWA**, v.103, n. 6, p.84-96, 2011.

MORALES, M.A.; HEANEY, J. Classification, benchmarking, and hydroeconomic modeling of nonresidential water users. **Journal AWWA**, v.106, n. 12, p.550-560, 2014.

MOTTA, Sandro de Almeida; SANCHEZ, Jorge Gomez. Diagnóstico e parametrização do consumo de água em padarias da RMSP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, Rio de Janeiro. **Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: Abas, 2001. p. 1 - 13. Disponível em: <http://docplayer.com.br/16084659-I-036-diagnostico-e-parametrizacao-do-consumo-de-agua-em-padarias-da-rmsp.html>. Acesso em: 20 maio 2018.

REVISTA FECOMÉRCIO-DF. SESC, SENAC e Instituto Fecomércio. Brasília: Fecomércio-df, n. 215, maio 2016.

SANT'ANA, D.; MAZZEGA, P. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the Federal District, Brazil. **Sustainable Water Resources Management**, v.3, p.1-16, 2017.

TOMAZ, P. **Previsão de consume de água: interface das instalações prediais de água e esgoto com serviços públicos**. São Paulo: Navegar Editora, 2000. 250p.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p.

White S.B.; Fane S.A. Designing cost effective water demand management programs in Australia. **Water Science and Technology**, v. 46, n. 6-7, p. 225-232. 2002.