



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020

USO DE MODELAGEM ESTOCÁSTICA PARA AVALIAR O IMPACTO DA GESTÃO DA DEMANDA

Vanessa Silva Santos¹; Anderson de S. M. Gadéa² & Eduardo Cohim³

- 1) Bolsista do PEVIC, graduanda de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana; e-mail: silvasantos.vanessa@hotmail.com
- 2) Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.; e-mail: gadea@uefs.br.
- 3) Professor Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.; e-mail: edcohim@gmail.com.

PALAVRAS-CHAVE: usos finais; modelagem; demanda; uso eficiente

INTRODUÇÃO

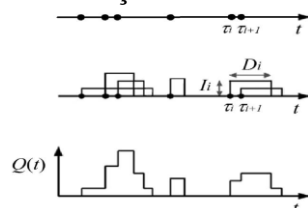
Como uma alternativa a necessidade de caracterização da demanda hídrica por medidores, metodologias pautadas na modelagem computacional tem se tornado mais atraentes para os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA).

Modelos estocásticos utilizando distribuições de probabilidade associadas as características dos aparelhos sanitários e comportamentais da população de estudo foi o objeto de estudo de alguns autores. Blokker (2010) utilizou dados estatísticos da Holanda em 2001 e de Ohio, EUA. Ferreira e Gonçalves (2019) também criaram um modelo preditivo a partir dos trabalhos de Ilha e Gonçalves (1991), Barreto e Medeiros (2008) e Oliveira et al. (2013), nos quais a área de estudo de ambos foi no município de São Paulo. Com essa finalidade, um modelo estocástico preditivo de demanda de água residencial foi desenvolvido para cinco aparelhos sanitários em uma residência com o passo de 1s, a fim de obter o consumo total instantâneo da demanda domiciliar por dispositivo hidráulico, em pequenas e grandes populações e também a concatenação do consumo total e setorizado de água com uso racional.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo proposto foi criado um modelo estocástico na linguagem de programação MATLAB. A estrutura do modelo criado é similar ao SIMDEUM, desenvolvido por Blokker (2010). Como mostrado na Figura 1, a demanda de uso de um usuário ' j ' em um determinado aparelho num tempo ' τ_i ' é associada a um pulso aleatório de duração ' D_i ' e de intensidade ' I_i '. Por fim a demanda total Q é obtida através da soma de todos os pulsos retangulares de todos aparelhos, tal qual a Equação 1, onde k é o índice de contagem de todos usos finais de 1 a M , j o índice dos usuários e i , o índice que contabiliza todos eventos de uso de todos aparelhos e usuários. Neste trabalho foram considerados os usos e as distribuições de probabilidades obtidas por Ferreira e Gonçalves (2019), descritos na Tabela 1.

Figura 1: Metodologia de mensuração do consumo utilizada no SIMDEUM.



Fonte: Blokker (2010)

Tabela 1: Padrão estatístico de uso por aparelho sanitário

	Frequência		Duração		Vazão (L/S)	
	Distribuição	Parâmetro	Distribuição	Parâmetro	Distribuição	Parâmetro
Lavatório	Poisson	$\lambda = 5.93$	Lognormal	$\sigma=0.8449$ $\mu=3.3551$;	Lognormal	$\sigma=0.3275$; $\mu=-2.6677$;
Pia	Poisson	$\lambda = 24.88$	Lognormal	$\sigma=0.785$; $\mu = 3.1763$;	Weibull	$\lambda= 0.569$ $k= 1.5871$
Chuveiro	Poisson	$\lambda = 1.08$	Gama	$k=6.5216$ $\theta= 0.7668$	Lognormal	$\mu=-2.4205$ $\sigma= 0.2014$
M.Q.L	-	-	6 Min/Ciclo		Uniforme	0.1
B.S (12L)	Poisson	$\lambda = 2,75$	Fixo	60s	Fixa	0,25L/s
Tanque	Poisson	$\lambda = 1,15$	Lognormal	$\sigma=0,8918$; $\mu=3,2905$;	Lognormal	$\sigma=0.3279$; $\mu=-.3485$;

Fonte: Adaptado de Ferreira e Gonçalves (2019)

Para a frequência de ciclos da máquina de lavar no Brasil é adotada a distribuição Poisson, com $\lambda = 0.37$, também utilizado por Blokker (2010).

O horário de pico de demanda até 30min depois de acordar, nos 30 min antes de sair de casa, nos 30 min após retornar e nos 30 min antes de dormir. Dentro do modelo desenvolvido cada aparelho tem uma probabilidade de horário de ocorrência, tal que:

- A probabilidade de uso do chuveiro e do lavatório no horário de pico é de 100%, da bacia sanitária 50%, da máquina de lavar e tanque é 0%, segundo Blokker (2010)
- Na madrugada a probabilidade de uso é 10%, exceto máquina e tanque (0%).

Os parâmetros estatísticos foram definidos segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros da distribuição normal para região urbana

	Número de moradores por apartamento	Idade
Parâmetros	$\mu = 2.60736$	$\mu = 32,0208$
	$\sigma = 1.27454$	$\sigma = 20,2051$
R ²	94,78%	82,91%
RMSE	0,0252	0,0029

Fonte: Adaptado de IBGE (2011)

Para análise do uso racional, foi simulada a demanda de dois cenário por 24h com o comportamento da Tabela 3, sendo um padrão (C1) e outro (C2) com bacia sanitária com vazão fixa de 0,4L/s e duração fixa de 5s; chuveiro com vazão fixa em 3L/min e duração fixa de 5min; lavatório com restritor de vazão de 2L/min.

Tabela 3: Padrão horário comportamental do usuário segundo distribuição normal por faixa etária

		Acordar	Sair de casa	Retornar	Dormir
18 a 65 anos (75%)	μ	5:30:00	07:30:00	19:30:00	22:30:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:45:00	01:30:00
	μ	8:00:00	10:00:00	14:00:00	23:30:00

18 a 65 anos (25%)	σ	01:00:00	03:00:00	04:00:00	01:00:00
Até os 17 anos (matutino 60%)	μ	6:00:00	07:30:00	12:30:00	22:30:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:30:00	01:00:00
Até os 17 anos (vespertino 40%)	μ	09:30:00	13:00:00	18:00:00	01:00:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:30:00	01:30:00
A partir dos 65 anos	μ	05:30:00	10:00:00	14:00:00	21:30:00
	σ	01:00:00	03:00:00	04:00:00	00:30:00

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo por aparelho e por amostra não variou linearmente com a quantidade de domicílios, devido a estocasticidade do modelo.

Na Figura 3, há uma concentração de picos de demanda na faixa horária da manhã que se associam ao padrão comportamental da Tabela 4. Entretanto, ainda que a idade influencie no comportamento horário dos eventos, não influi nos parâmetros de consumo da Tabela 3. Em C2, o consumo de água foi 40% menor do que em C1 em todas as amostras, de acordo com a Tabela 4, e houve uma redução nos picos de demanda, evidenciando a atenuação de eventos de sobrecarga no SAA.

Ao comparar o consumo médio per capita de 143L/hab./dia do primeiro cenário para uma média de 2.6 hab./dom, em que os parâmetros foram obtidos por estudos na cidade de São Paulo, com demais estudos na mesma cidade de Barreto (2008), 152.7 L/dia/hab. e Rocha e Barreto (1999), de 109 L/dia/hab., é verificada a confiabilidade dos resultados.

Figura 3: Vazão (Q) em L/s por hora, cenários C1 e C2.

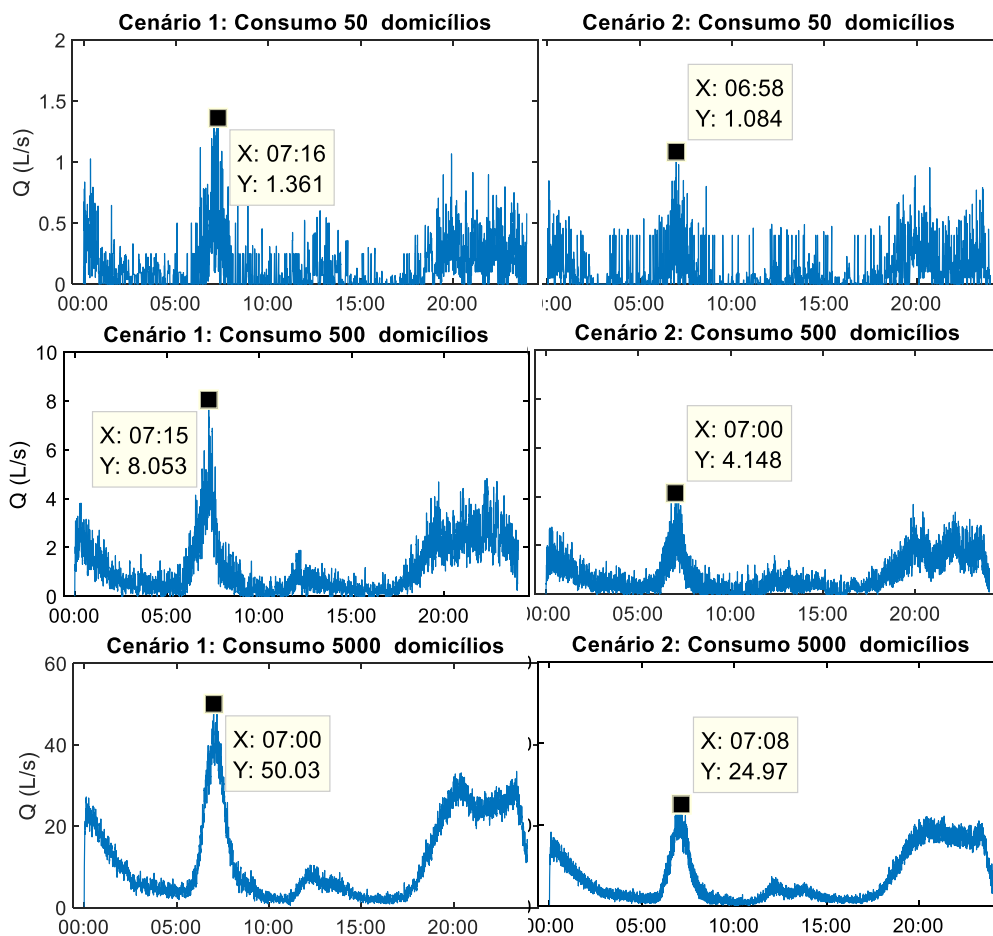


Tabela 4: Consumo total por aparelho e número de domicílios cenários C1 e C2

Cenário 1							
	B. S.	Lavatório	Chuveiro	Pia	Tanque	MQL	Total C1
50	7,485	2,988	5,273	1,981	257	1,728	19,712
500	67,02	28,547	45,775	20,744	2,233	22,032	186,351
5000	656,415	281,67	463,84	205,37	23,131	221,616	1,852,042
Cenário 2							
	B. S.	Lavatório	Chuveiro	Pia	Tanque	MQL	Total C2
50	860	2,925	2,85	2,029	179	2,16	11,003
500	8,818	28,438	25,485	20,536	2,26	21,744	107,281
5000	86,682	282,82	255,6	207,52	22,719	220,464	1,075,805

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização da demanda é fundamental para a utilização adequada de recursos financeiros nos sistemas de abastecimentos, e sua análise e diagnósticos devem ser contínuos. A aplicação de aparelhos eficientes é um dos pilares para melhor gestão da demanda e melhor aproveitamento dos recursos hídricos. O modelo criado atua como uma ferramenta com bom potencial de uso para dimensionamento dos SAA's, com resultados dentro da margem encontrada na literatura para a mesma região de estudo. Nele nota-se que a aplicação de medidas de gestão da demanda de forma hierárquica nos aparelhos com maior potencial de uso em horários de pico uniformiza a demanda e, por conseguinte, atenua eventos de sobrecargas no SAA, tal que uso eficiente do chuveiro, lavatório e bacia sanitária reduziu cerca de 40% do consumo total. Para uma análise mais apurada de cada cenário deve-se considerar mais iterações, períodos mais longos, mais usos e cenários distintos, assim como a influência do gênero nas variáveis de consumo.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, Douglas (2008). Perfil do consumo residencial e usos finais da água. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 2, p. 23-40.
- BARRETO, D.; MEDEIROS, O. (2008). Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 4, p. 137-149.
- BARRETO, D.; ROCHA, A.L. Caracterização do consumo de água de aparelhos sanitários economizadores de água. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais...
- BLOKKER, et. al. (2010). "Simulating residential water demand with a stochastic end-use model." *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000002, 19-26.2010.
- FERREIRA, T. D. V., & GONCALVES, O. M. (2019). Stochastic simulation model of water demand in residential buildings. *Building Services Engineering Research and Technology*, 0143624419896248
- ILHA, M. S. d. O.; GONÇALVES, O. M. Estudos de parâmetros relacionados com a utilização de água quente em edifícios residenciais. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*, v. 38, 1991.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011). Sinopse do censo demográfico. Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, L. H. de et al. (2013) Modelling of water demand in building supply systems using fuzzy logic. *Building Services Engineering Research and Technology*.