

FERNANDA ENDO FALEIROS

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DO CONSUMO RESIDENCIAL  
DE ÁGUA POTÁVEL NA CIDADE DE UBERLÂNDIA - MG.

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação em  
Qualidade Ambiental – Mestrado, área  
de concentração em Meio Ambiente e  
Qualidade Ambiental, para a obtenção  
do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

F363d Faleiros, Fernanda Endo, 1992-  
2017 Distribuição espaço temporal do consumo residencial de água  
potável na cidade de Uberlândia - MG / Fernanda Endo Faleiros. - 2017.  
59 f. : il.

Orientador: Ednaldo Carvalho Guimarães.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.  
Inclui bibliografia.

1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Análise de séries temporais -  
Teses. 3. Geologia - Métodos estatísticos - Teses. 4. Água potável -  
Teses. I. Guimarães, Ednaldo Carvalho. II. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. III.  
Título.

---

CDU: 502.75

FERNANDA ENDO FALEIROS

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DO CONSUMO RESIDENCIAL  
DE ÁGUA POTÁVEL NA CIDADE DE UBERLÂNDIA - MG.

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação em  
Qualidade Ambiental – Mestrado, área  
de concentração em Meio Ambiente e  
Qualidade Ambiental, para a obtenção  
do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho

UFU

Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira

IFTM

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães

ICIAG-UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução geral .....	1
2 Referencial Teórico.....	4
2.1 Meio Ambiente.....	4
2.2 Água.....	5
2.3 Desenvolvimento Urbano e Abastecimento de Água.....	6
2.4 Consumo de Água.....	8
2.5 Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia – DMAE.....	10
2.6 Análise de Séries Temporais.....	12
2.7 Análise Geoestatística.....	13
2.8 ÁREA DE TRABALHO.....	15
Referências.....	18
CAPÍTULO 2: Modelo de geoestatístico para o consumo de água residencial na cidade de Uberlândia – MG.	
1 Resumo .....	23
2 Abstract.....	23
3 Introdução .....	24
4 Material e Métodos.....	26
5 Resultados e Discussão.....	28
6 Conclusões.....	35
Referências.....	36
CAPÍTULO 3: Modelo de séries temporais para as médias de consumo de água de economias residências na cidade de Uberlândia – MG.	
1 Resumo .....	38
2 Abstract.....	38
3 Introdução .....	39
4 Material e Métodos.....	42
5 Resultados e Discussão.....	44
6 Conclusões.....	51
Referências.....	52

## RESUMO

FALEIROS, FERNANDA ENDO. **Distribuição espaço temporal do consumo residencial de água potável na cidade de Uberlândia - MG**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

A água tem papel essencial no que se refere a sobrevivência humana e desenvolvimento das sociedades mas sabe-se que sua distribuição na superfície não é igualitária, acarretando a incapacidade de abastecimento necessário para atender as demandas requerida de muitas regiões do planeta. Para uma melhor gestão dos recursos hídricos voltados ao abastecimento urbano é necessário uma maior compreensão espacial e temporal do consumo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o consumo de água residencial na cidade de Uberlândia, MG, temporalmente e espacialmente, por meio das técnicas de séries temporais e geoestatística. A análise de séries temporais tem como base a série de consumo de água das economias residenciais na cidade de Uberlândia - MG, no período de 2005 a 2015, onde os resultados indicaram que não há tendência na série geral para todo o período analisado mas há uma sazonalidade anual. O modelo que melhor se adequa a série estudada foi o Sazonal Simples, sendo eficiente para descrever os dados, ressaltando a influência da precipitação e das campanhas educativas na previsibilidade do modelo no ano de 2015. A análise geoestatística tem como base a série de consumo de água residencial na cidade de Uberlândia, MG, no período de 2011 a 2015, onde conclui-se que não há tendência em todos os períodos analisados, chuvoso e seco, para todos os anos, 2011 a 2015, e todos ajustados no modelo exponencial, com fraca dependência, devido seu alto efeito pepita, constatados nos semivariogramas. Em relação a sua distribuição espacial observa-se um alto consumo de água residencial, no setor central da cidade e suas áreas limítrofes. E um aumento no consumo de água de 2011 a 2013 no período chuvoso, com uma redução no período seco de 2013 se estendendo até 2014 com posterior aumento em 2015, com ápice no período seco do ano de 2015.

**Palavras-chave:** Séries temporais. Geoestatística. Água potável.

## ABSTRACT

FALEIROS, FERNANDA ENDO. **Distribuição espaço temporal do consumo residencial de água potável na cidade de Uberlândia - MG**. 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.

Water plays an essential role in human survival and development, but it is known that its distribution on the surface is not egalitarian, leading to a lack of supply needed to meet the demands of many regions of the planet. For a better management of urban water resources is necessary a better spatial and temporal understanding of consumption. Thus, the objective of the present research was characterize the residential water consumption in Uberlândia, MG city, temporally and spatially, using the techniques of time series and geostatistical. The analysis of time series is based on a series of water consumption of the residential economies in Uberlândia - MG city, from 2005 to 2015, the results indicated that there is no trend in the general series for the whole analyzed period but there is an annual seasonality. The model that best suits the series studied is the Simple Seasonal, being efficient to describe the data, emphasizing an influence of the precipitation and the educational campaigns in the preview of the model in the year of 2015. The geostatistical analysis is based in the series of residential water consumption in the city of Uberlândia, MG, from 2011 to 2015, where it is concluded that there is no trend in all the analyzed periods, rainy and dry, for all years, 2011 to 2015, and all adjusted without exponential model, with weak dependence, due to its high nugget effect, found in the semivariograms. In relation to its spatial distribution, it is observed to high consumption of residential water, in the central sector of the city and its bordering areas. And an increase in water consumption from 2011 to 2013 in the rainy season, with a reduction in the dry period of 2013 extending through 2014 with further increase in 2015, with apex in the dry period of 2015.

**Keywords:** time series, geostatistics, drinking water.

## **CAPÍTULO 1**

### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

A água é uma substância essencial para a vida na Terra, principalmente no que diz respeito à dependência entre o ser humano e os ambientes naturais, estando presente em todas as atividades humanas segundo Gomes (2011) e Pinto, Lima e Zanetti (2015). Sendo assim a água deixa de ser vista como um bem precioso para a humanidade e passa a ser um recurso, dotado de valor econômico. Contudo é um recurso limitado que necessita de atenção e cuidado, ou seja, garantia de uso consciente da água e proteção da sua qualidade, conforme Bacci e Pataca (2008) e Pinto, Lima e Zanetti (2015).

Dados da BRASIL (2011) mostram que a maior parte da superfície da Terra é composta por água, mais precisamente 75% da superfície terrestre. Mas do seu volume total, 97,5% da água é salgada e somente 2,5% é constituído de água doce. Cabe destacar que do total de água doce presente no planeta, 68,9% está no estado sólido, na forma de calotas polares, geleiras e neve, 29,9% são águas subterrâneas, 0,9% no solo e nos pântanos e somente 0,3% nos rios.

Pinto, Lima e Zanetti (2015), apontam que apesar da grande quantidade de água existente no planeta somente uma pequena parcela está facilmente acessível e própria para o consumo, estando localizada nos rios, equivalendo a 0,3 %, dos 2,5% de água doce presente na superfície terrestre, como visto anteriormente. Mas apesar do Brasil possuir grandes quantidades de água, no que se refere ao seu volume, sua distribuição regional não é igualitária em todo território, havendo a necessidade de um planejamento adequado para cada região.

Sabendo que a distribuição da água não é igualitária e a representatividade de água doce presente nos rios é baixa, Groppo e outros (2001) se atentam para necessidade de repensar maneiras que visam o melhor uso deste bem tão precioso que é a água, não abordando somente à quantidade do seu uso, mas menciona também a qualidade desse recurso, onde afirma que em algumas regiões brasileiras a degradação desse recurso de extrema importância se deve as atividades humanas. Bacci e Pataca (2008)

no entanto, afirmam que a crise hídrica é resultado de um conjunto de componentes de origem social, econômica e ambiental sendo um assunto amplamente discutido em âmbito mundial, por ser limitante das condições de vida de grande parte da população mundial.

Com base no panorama de amplo debate sobre a gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, no que se refere à quantidade e a qualidade, é possível observar que há necessidade de repensar a atual utilização da água, tanto nos comportamentos quanto nas atitudes. Existindo a precisão de uma atuação conjunta desses novos pensamentos a fim de contribuir para a minimização dos problemas relacionados a esse recurso, pois a escassez é motivada pela combinação do crescimento da demanda e da poluição hídrica, conforme Pinto, Lima e Zanetti (2015).

Deste modo, a Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, afirma que a gestão dos Recursos Hídricos deve proporcionar os usos múltiplos da água, onde destaca que em caso de escassez deve se dar preferência ao abastecimento humano e animal (BRASIL, 1997).

No atual momento em que muito se debate sobre a questão hídrica, visando a formulação de solução para problemas como, por exemplo, a falta de abastecimento, estudos relacionados a compreensão dos recursos hídricos são pertinentes. Araújo e outros (2009), afirmam que o uso de modelos matemáticos e técnicas estatísticas incorporadas às ferramentas computacionais possibilitam o melhor entendimento de muitos fenômenos, como por exemplo, as séries temporais e a geoestatística.

Souza, Silveira e Collischonn (2006), afirmam que as técnicas de avaliação estatística de séries temporais são conhecidas desde a segunda metade do século XX, porém no cenário atual onde muito se debate sobre o déficit hídrico, estudos sobre esse recurso são de grande importância no que se refere ao gerenciamento para garantia dos usos múltiplos da água.

Sendo assim as metodologias de séries temporais se tornam interessantes pois se baseiam na procura de relação de dependência temporal entre os dados visando extrair sua periodicidade, descrever seu comportamento e fazer previsões, portanto são de grande utilidade em diversas áreas, segundo Batista (2009).



Outra metodologia enfatizada neste trabalho é a geoestatística por levar em consideração a distribuição espacial do fenômeno a ser estudado, conforme Journel e Huijbregts (1978).

A geoestatística visa avaliar a dependência espacial e com base nessa informação é possível construir mapas. Baseado nessa análise é possível organizar os dados espaciais de acordo com a semelhança entre vizinhos georreferenciados (Grego; Oliveira; Vieira, 2014).

A Universidade como comunidade científica que desenvolve pesquisa em diversas áreas do conhecimento, possui grande importância, por ampliar a discussão sobre os principais problemas enfrentados pela sociedade, visando propor possíveis soluções, as quais não sejam soluções isoladas e temporárias. Baseado no exposto, este trabalho tem como finalidade caracterizar o consumo de água residencial na cidade de Uberlândia, MG, espacialmente e temporalmente, por meio das técnicas de séries temporais e geoestatística, podendo servir de base para estudos voltados ao planejamento dos recursos hídricos na cidade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Meio Ambiente**

Atualmente muito se debate sobre a chamada crise ambiental, amplamente veiculada nos meios de comunicação. Assim, Quintana e Hacon (2011) ressaltam a existência de limites para a sua expansão, sendo eles de ordem física, química e orgânica. Mas se deve ater ao fato de que a degradação é histórica, pois desde que o homem descobriu o fogo ele vem modificando a natureza a seu favor.

Pinto e Zacarias (2010) afirmam que essa crise é devida ao processo de produção e acumulação do capital, e está ligada a busca pelo desenvolvimento, no qual ocorre utilização exagerada dos recursos naturais. Abico e Moraes (2009) ressaltam que quando se refere aos recursos naturais, somente a partir do momento em que passa a ter escassez ou prejuízo para a sociedade que a mesma passa a se preocupar com esses recursos.

Cavalcanti e outros (1994) afirmam que o crescimento vertiginoso da população faz com que ocorra um aumento na produção, para atender as “necessidades” da população, e conseqüentemente necessita de uma maior quantidade de recursos naturais. Porém, isso tem acarretado problemas como a desertificação, contaminação de rios e mares, perda da biodiversidade, dentre outros.

Diante disso, algumas leis são criadas para proteção dos recursos naturais, como por exemplo, a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6938 Brasil (1981) e são realizadas reuniões da comunidade científica para debater sobre o assunto, onde cita a Conferência de Estocolmo (1972), que debateu sobre a degradação do meio ambiente, conforme Cavalcanti e outros (1994).

A Lei nº 6.938, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente conceitua Meio Ambiente como conjunto de condições, leis e interferências, sendo eles de ordem física, química e biológica, permitindo abrigo e regendo todas as formas de vida (BRASIL, 1981).

Pinto e Zacarias (2010), afirmam que só é possível reverter ou minimizar esses impactos se houver uma mudança social, econômica e política na sociedade. Mas Marion (2013) aponta que a questão ambiental é colocada em

segundo plano quando a mesma entra em conflito com os aspectos econômicos. Sendo assim a questão ambiental se dá mais pela escassez dos recursos do que pela falta de normas protetivas.

Rocha e Queiroz (2011) destacam a relação entre o meio ambiente e sua preservação como necessária, pois sua proteção é aproveitada por todos assim como sua degradação é prejudicial a todos. A Constituição brasileira de 1988 impõe a necessidade de preservar o meio ambiente para as futuras gerações e que cabe a todos preservar e proteger.

## **2.2 Água**

A água é um elemento de fundamental importância para os seres vivos e com o passar do tempo tem ganhado mais importância no cenário mundial devido sua forte relação com o desempenho das atividades em sociedade, onde se atenta para a escassez e influência dessas atividades antropogênicas nesse recurso, conforme cita Martins (2014). Essa preocupação já era vista por Paz (2004), o qual afirma que a população deve se ater para a importância da água, ou seja, como recurso essencial para manutenção da vida no planeta.

Mendes e Oliveira (2004) relatam que a importância da água para o desenvolvimento da sociedade não é uma questão recente, pois as comunidades primitivas visavam se instalar próximas dos recursos hídricos devido a maior produtividade e biodiversidade de recursos para as atividades desenvolvidas nessas comunidades.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012), a bacia hidrográfica também chamada bacia de drenagem, é uma área delimitada, com águas provenientes da precipitação e degelo da neve das montanhas, que se encaminham para um único ponto, sendo esse, a foz do rio. Portanto, a bacia hidrográfica é considerada um grande coletor de água da atmosfera. Tendo como papel hidrológico, transformar o volume de água concentrada em um tempo em uma saída distribuída ao longo tempo, proporcionando o uso racional da água conforme Paz (2004).

A Lei nº 9.433, aborda a água como um bem de consumo final ou intermediário, e como qualquer outro recurso, é limitado e dotado de valor econômico. Contudo à necessidade de um gerenciamento adequado. Sendo a

bacia hidrográfica a unidade territorial para gerenciamento dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Logo, conhecer as bacias hidrográficas, sendo capaz de descrever e prever os comportamentos do ciclo hidrológico é de extrema importância para proporcionar o uso racional. Assim, a análise de séries temporais, são utilizadas para procurar uma relação de dependência temporal entre os dados visando extrair sua periodicidade, descrever seu comportamento e fazer previsões, sendo de grande utilidade em diversas áreas, como por exemplo, na hidrologia, na economia, na demografia, na epidemiologia e na ciência ambiental. Além da descrição e previsão dos fenômenos, é válido o conhecimento do comportamento espacial da variável estudada, deste modo a geoestatística se constitui uma ferramenta possível de ser utilizada neste tipo de estudo.

### **2.3 Desenvolvimento Urbano e Abastecimento de Água**

Tucci (2008) assinala que após a Segunda Guerra Mundial ocorre um aceleração do crescimento urbano e posteriormente uma acelerada urbanização. Porém, somente na segunda metade do século XX, questões relacionadas ao desenvolvimento urbano são bastante evidenciadas devido a concentração da população em pequenos espaços, aumentando a competição dos recursos naturais e conseqüentemente, uma redução da biodiversidade natural, necessitando de uma atenção maior, pois sem um controle adequado há geração de caos.

Como abordado por Tucci, o processo de urbanização é uma realidade mundial que se intensificou e modificou no decorrer do tempo, na qual no Brasil se inicia no século XX onde houve uma maior concentração da população nas cidades e uma redução da população rural. Assim esses centros urbanos se destacam pela geração de empregos e riqueza, mas tem como consequência degradação ambiental, exclusão social, insegurança, dentre outros aspectos negativos, segundo Abico e Moraes (2009).

Os aspectos negativos citados por Abico e Moraes geram impactos na saúde da sociedade, por isso Guimarães, Carvalho e Silva (2007), destacam o conceito de saneamento para a Organização Mundial de Saúde (OMS), que

considera o saneamento como controle dos fatores do meio físico exercendo ou não efeitos que agredam o bem-estar físico, mental e social. Constituindo um conjunto de ações socioeconômicas que objetivam alcançar o estado de saúde considerado normal da população urbana e rural, na sua capacidade de controle de epidemias, promoção de aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis.

Guimarães, Carvalho e Silva (2007) mencionam que somente no século XX, a sociedade passou a preocupar com a qualidade de água desde sua captação até a entrega pois, cientistas comprovaram a transmissão de doenças através da água. No Brasil, no início dos anos 90 apresentou o quadro sanitário do país, onde foi observado que mais de 30% da população brasileira era abastecida pelo sistema de coletivo de abastecimento de água. O que se difere dos anos 2000 onde esse número cai para cerca de 10%, estando este localizado na periferia das cidades e na zona rural.

Conforme Silva (2014) a distribuição de água doce no mundo não é igualitária em todos os continentes, sendo assim algumas regiões sofrem com a escassez e outras não, por isso disponibilizar essa água uniformemente se constitui um desafio e uma necessidade. Com o crescimento populacional há uma modificação na disponibilidade de água per capita, pois, mesmo a água estando disponível no ambiente, disponibilizá-la adequadamente é um desafio.

Dentro da oferta de saneamento está o abastecimento de água às populações. Sistema esse que se refere a implantação ou melhoria da saúde da população diretamente abastecida, proporcionando melhorias na higiene pessoal e do ambiente, diminuindo a quantidade de doenças veiculadas pela água. Segundo Andrade (2004), antes do século XIX a qualidade da água se dava pela aparência visual, mas devido alguns estudos sobre doenças de veiculação hídrica bastante embasados, surgiu a necessidade de tratamento da água para abastecimento, conforme Martins (2014).

Outro desafio é observado no trabalho de Tundisi e outros (2008), sobre a relação da urbanização intensificada com a contaminação e uso intenso dos recursos hídricos no que se refere a disponibilidade e demanda desse recurso, ao desperdício seja ele no consumo ou nas estações de tratamento de água, os eventos hidrológicos extremos e falta de ações governamentais.

Andrade (2004) afirma que a priori a elaboração de projetos de abastecimento de água, é necessário um conhecimento específico a respeito da vazão do sistema e a demanda de água na cidade, onde considera o número de habitantes a serem abastecidos e a quantidade de água consumida por pessoa.

A relevância econômica é um fator muito importante nas atividades humanas, sendo assim, é considerado um bom sistema de abastecimento aquele que garanta uma qualidade de vida da população consumidora desse recurso fazendo com que haja uma diminuição de gastos problemas relacionados com doenças de veiculação hídrica. Lembrando que a água possui quatro tipos de contaminantes tóxicos, sendo eles, por contato como formações minerais venenosas, pelo desenvolvimento de colônias de microorganismos venenosos, por despejos das atividades humanas e após sua distribuição pode ser contaminada por defeito em obras e instalações com defeito ou práticas inadequadas de tratamento segundo Andrade (2004).

Andrade apresenta medidas protetivas para diminuição de doenças de veiculação hídrica, desde os órgãos competentes até a própria população, como por exemplo, proteção e controle de mananciais, adequado tratamento da água, sistema de distribuição apropriado desde o projeto até sua adequada manutenção, controle de qualidade da água, lavagem periódica dos reservatórios domiciliares e boas condições de coleta e disposição do esgoto para que não haja contaminação. Portanto, quando se refere a sistema de abastecimento de água voltadas para o consumo humano a proteção à saúde humana é o ponto primordial segundo Martins (2014).

## **2.4 Consumo de Água**

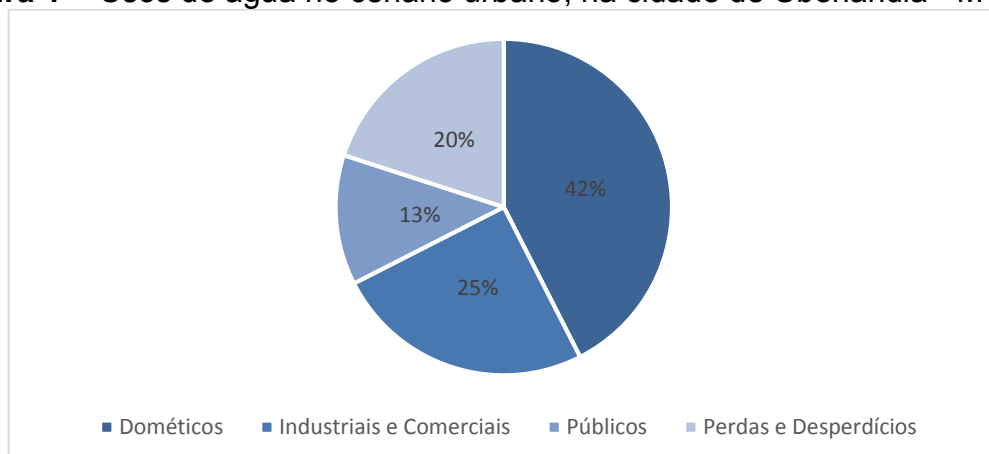
Atualmente muito se debate a respeito dos recursos hídricos, pela dependência que os seres vivos têm com a água, mas a preocupação com esse recurso deveria ser antiga, é o que questiona Tucci (2008). Esse autor, afirma que a sociedade só vai dar a devida importância a um bem quando ocorre a sua escassez, e no atual cenário mundial muito se tem veiculado sobre a importância de economizar água e sua não poluição e contaminação. Essa preocupação se deve ao fato de que há uma melhor percepção dos

impactos negativos decorrentes das atividades humanas no meio ambiente bem como a visibilidade das consequências desses impactos segundo Abico e Moraes (2009).

Deste modo, se pode afirmar que a alteração no próprio ambiente urbano gera impactos tanto no ambiente natural quanto no construído, nos mais diferentes tipos de poluição e consequentemente refletem na saúde humana como aborda Abico e Moraes (2009).

Guimarães, Carvalho e Silva (2007) e Andrade (2004) comentam que dentro do cenário urbano os usos mais comuns são, domésticos, sendo aqueles que visam o abastecimento doméstico para o consumo humano, higiene pessoal e lavagens em geral, registrando em média entre 100 e 200 (litros/hab./dia), podendo variar de acordo com o estilo de vida da população. Os comerciais, que variam de acordo com o tipo de estabelecimento. Os industriais, são divididas em três partes, sendo elas, as que não entram em contato com o produto, as que entram em contato e as que se incorporam aos produtos. Os públicos, que são utilizados na irrigação de jardins, lavagens de ruas, passeios e prédios públicos e fontes de esguichos e chafarizes. E as perdas e desperdícios, como sendo as ocasionadas pelos vazamentos na rede pública e nas residências. Esses consumos podem ser melhor visualizados na figura 1.

**Figura 1 - Usos de água no cenário urbano, na cidade de Uberlândia - MG.**



**Fonte:** a autora.

Em sistemas de abastecimento de água regular é possível calcular o consumo médio per capita pela divisão do volume total de água distribuída no ano por 365 vezes a população beneficiada.

## **2.5 Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia – DMAE**

No município de Uberlândia o departamento responsável pelo abastecimento de água é o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE).

O DMAE foi fundado em 1967, pelo então prefeito Renato de Freitas. Nesse ano, no que se refere ao abastecimento de água potável da cidade de Uberlândia, teve sua primeira obra no Rio Uberabinha concretizada, a Estação de Tratamento de Água Sucupira. De acordo com o crescimento da cidade foram implantadas as unidades de tratamento e as redes coletoras de esgoto, segundo dados do Uberlândia (2015).

Este departamento tem como competência estudar, projetar e executar obras nos sistemas públicos de abastecimento de água potável, esgotos sanitários e saneamento de cursos d'água. Bem como atuar como coordenador e fiscalizador da execução dos convênios entre o Município e os órgãos federais e estaduais, no que se refere a projetos e obras relacionadas a serviços de água e esgoto. Objetivando garantir a operação, manutenção, conservação e exploração direta dos serviços de água potável e esgotos sanitários. Tendo que lançar, fiscalizar e arrecadar as tarifas dos serviços de água e esgotos e as tarifas ou contribuições que incidirem sobre os terrenos beneficiados com tais serviços. Exercendo quaisquer outras atividades relacionadas com os sistemas públicos de água e esgoto, compatíveis com leis gerais e especiais, conforme Uberlândia (2015).

Segundo Reis (2015), o atual sistema de abastecimento de água da cidade de Uberlândia possui duas estações de captação e tratamento, sendo elas, o sistema Sucupira e o Sistema Bom Jardim, que possui as descrições resumidas na figura 2.



**Figura 2** - Sistemas de captação de água do município de Uberlândia – MG e suas respectivas capacidades no ano de 2014.

Sistemas de Captação de Água e suas Respectivas Capacidades - 2014				
DESCRIÇÃO	SISTEMA		CAPACIDADE DOS SISTEMAS	
	SUCUPIRA	BOM JARDIM	SUCUPIRA	BOM JARDIM
Manancial utilizado	Rio Uberabinha	Ribeirão Bom Jardim	2.000 l / seg	2.000 l / seg
Local de Captação	Cachoeira de Sucupira a 15Km do centro urbano	Confluência do Rio Uberabinha com Bom Jardim a 6.600 m do Centro	2.000 l / seg	2.000 l / seg
Tipo de captação	Tomada em canal com barragem de acumulação e aproveitamento de desnível geométrico	Tomada no canal da barragem de acumulação com aproveitamento de desnível geométrico	2.000 l / seg	2.000 l / seg
Tipo de Tratamento	Completo, localizado na Cachoeira do Sucupira	Tratamento em ciclo completo, localizado na Área Urbana	2.000 l / seg	2.000 l / seg

Fonte: Reis (2015).

Conforme Reis (2015), a capacidade dos dois sistemas (Sucupira e Bom Jardim), é referente a vazão possível de captação, adução e tratamento. Não considera a capacidade dos mananciais e sua vazão média é de 1.300 L/seg., no sistema Bom Jardim e 1.100 L/seg., no sistema Sucupira. Possuindo um valor de perda física de 29%.

No que se refere ao sistema Bom Jardim, as etapas de tratamento consistem em coagulação, floculação, decantação, filtração, poço de contato, fluoração, desinfecção (cloração), ajuste de PH, reservação e distribuição. Em relação ao sistema Sucupira o ciclo do tratamento é o seguinte, captação, coagulação, decantação, filtração, fluoração, desinfecção (cloração), ajuste de PH e distribuição.

## 2.6 Análise de Séries Temporais

Souza e outros (2006) afirmam que uma série temporal é um conjunto de observações de uma determinada variável em intervalos de tempo, sendo que o tempo pode ser substituído por outras variáveis como espaço, profundidade, etc. As técnicas de avaliação estatística de séries temporais são conhecidas desde a segunda metade do século XX.

Segundo Morettin e Toloi (2005), ao analisar uma série temporal o pesquisador pode estar interessado em investigar seu mecanismo gerador, fazer previsões, podendo ser a curto prazo ou longo prazo, descrever seu comportamento, pela construção de gráfico, verificação de tendências, ciclos e variações sazonais, construção de histogramas e diagramas de dispersão, dentre outros e procurar periodicidades relevantes nos dados.

A análise de séries temporais é aplicada em diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, na hidrologia, com o uso de modelos estocásticos, da classe ARIMA (autorregressivo integrado de médias móveis), com o objetivo de realizar a análise e modelagem da série temporal de vazões médias mensais do rio Potiribu, abordado por Castro, Bayer e Bayer (2011).

Esses autores, concluíram que houve uma distribuição assimétrica positiva com grande variabilidade intra-anual, que caracteriza a sazonalidade, ou seja, possui um período de cheia (agosto a janeiro) seguido por um período de seca (fevereiro a julho). A autocorrelação da série evidencia que a vazão do período atual também pode ser descrita pela vazão dos últimos períodos. Afirmaram também que os modelos estocásticos descrevem o comportamento de variáveis hidrológicas de maneira satisfatória, porém tem sido pouco explorado por pesquisadores.

Na meteorologia, na qual Groppo e outros (2005) trabalharam com dados de temperatura e precipitação de dois períodos de dados, sendo o primeiro de 1947-1997 e o segundo de 1970-1997 de algumas bacias do estado de São Paulo e utilizaram métodos não paramétricos. O objetivo desses pesquisadores foi de realizar a caracterização hidrológica e ambiental das bacias, com as análises preliminares de parâmetros hidrometeorológicos, para definição de períodos secos e úmidos e a análise de séries temporais para avaliar tendência e mudanças bruscas nas médias.

Para analisar as séries temporais, Groppo e outros (2005), utilizaram o método de autocorrelação serial para verificação de independência e para o estudo exploratório o teste de Mann-Kendall para verificação de tendência e o método de Pettitt para o teste de mudança brusca nas médias.

Por não apresentarem correlações seriais os cálculos estatísticos, puderam ser aplicados tendo ocorrido tendência positiva da precipitação na maioria das bacias quando a série considerada é de 1947 a 1997. Nesse período, a vazão também acompanha a tendência positiva da precipitação nas bacias menos impactadas. Em relação aos rios que contribuem para o Sistema Cantareira, na bacia do Rio Piracicaba, as vazões apresentaram comportamento diferente, apontando para uma diminuição de vazão, conforme Groppo e outros (2005).

No período entre 1970 e 1997, Groppo e outros (2005), observaram que a análise estatística da precipitação mostrou tendências positivas significativas em 3 postos de medidas, e alguns períodos secos que se tornaram significativos por alguns anos. Em relação à vazão, apenas o Rio Paranapanema apresentou tendência positiva, já os rios Atibaia e Jaguari apresentaram tendências negativas estatisticamente significativas.

## **2.7 Análise Geoestatística**

A geoestatística surge em 1951 na África do Sul, com base no trabalho de Krige, que estudava a concentração de ouro, chamando atenção para a necessidade de levar em consideração as distâncias entre as amostras coletadas visando o sentido nas variâncias, por na área de mineração tem locais com grande concentração de minerais e outros com pequena concentração. Já em 1965 Matheron desenvolve essa teoria, colocando ela em termos matemáticos, desenvolvendo a geoestatística, segundo Grego, Oliveira e Vieira (2014).

Nos anos 50 Krige concluiu que não era possível estimar conteúdo de ouro de blocos mineralizados sem considerar seu volume e localização. A partir dessas conclusões, Matheron desenvolve fundamentos teóricos da variabilidade de amostragem associada com o tamanho das amostras bem

como, formulou uma teoria completa dos erros de estimativas (STURARO, 2015).

O termo Geoestatística segundo Sturaro (2015) surgiu com um enfoque de elaborar estudos estatístico de um determinado fenômeno natural, caracterizado pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, sendo estas denominadas "variáveis regionalizadas".

Anteriormente a análise geoestatística, há a necessidade de um conhecimento das características da população, representada pela variável a ser analisada. Em seguida, outros métodos da estatística univariada ou multivariada, podem ser utilizados para auxiliar no entendimento. Além da caracterização das populações, podem ser empregadas análises de correlação e de tendência, para compreensão preliminar da variação espacial das variáveis (STURARO, 2015).

Para Costa (2009) a geoestatística é um conjunto de ferramentas que visam compreender e modelar a variabilidade espacial e permite aumentar a precisão das estimativas usando informação disponível de outras variáveis secundárias correlacionadas espacialmente. Ainda segundo o autor, leva em consideração quatro passos, sendo eles, uma análise exploratória descritiva para compreensão da natureza espacial da variável, como presença de outliers, tendência, dentre outros. Uma análise estrutural para determinar a continuidade espacial, utilizando semivariância ou autocorrelação. As estimativas por meio de interpolação dos dados. Por fim, é realizado a análise dos resultados obtidos com base nos passos anteriores.

Landim (2006) afirma que os primeiros estudos que utilizaram essa nova ferramenta eram voltados para geologia especificamente na mineração, como por exemplo, os estudos de Journel e Huijbregts (1978), Valente (1982) e Yamamoto (2001).

Em seguida, esse tipo de estudo, se expandiu para outras áreas de conhecimento como por exemplo, na meteorologia. Onde Loureiro e Fernandes (2013), visando o uso de geoestatística para analisar a variação da precipitação na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia, concluindo que o correto entendimento do ciclo hidrológico da bacia, em especial o seu regime pluviométrico, é de suma importância pela estratégica posição geográfica da região, com enorme potencial de produção de hidroenergia, alimentos e outras

riquezas de grandes repercussões econômicas, sociais e ambientais para o país. Os mapas gerados auxiliaram na identificação da distribuição espacial das chuvas, foco do estudo.

Na agricultura, buscando avaliar a variabilidade espacial de produtividade e tamanho de frutos em pomares de laranja no município de Luiz Antônio - SP, através de mapas de krigagem, realizados por Farias e outros (2003), onde verificou uma maior variabilidade para produtividade e tamanho de frutos nas quadras irrigadas e não irrigadas. Portanto, a geoestatística é considerada uma ferramenta extremamente útil para auxiliar em Programas de Agricultura de Precisão.

Na hidrologia, na criação de modelos espaço temporais a partir da variabilidade dos parâmetros de Índice de Qualidade da Água (IQA) na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Castelo - ES, com base na estatística descritiva, análise exploratória, semivariograma, krigagem e validação cruzada, estudado por Castro Junior, Sobreira e Bortoloti (2007), resultando na geração de um modelo aproximado de valores de IQA para qualquer ponto do Rio Castelo em qualquer época do ano e, através da inserção de novos dados de medição, poderá vir a ser ajustado.

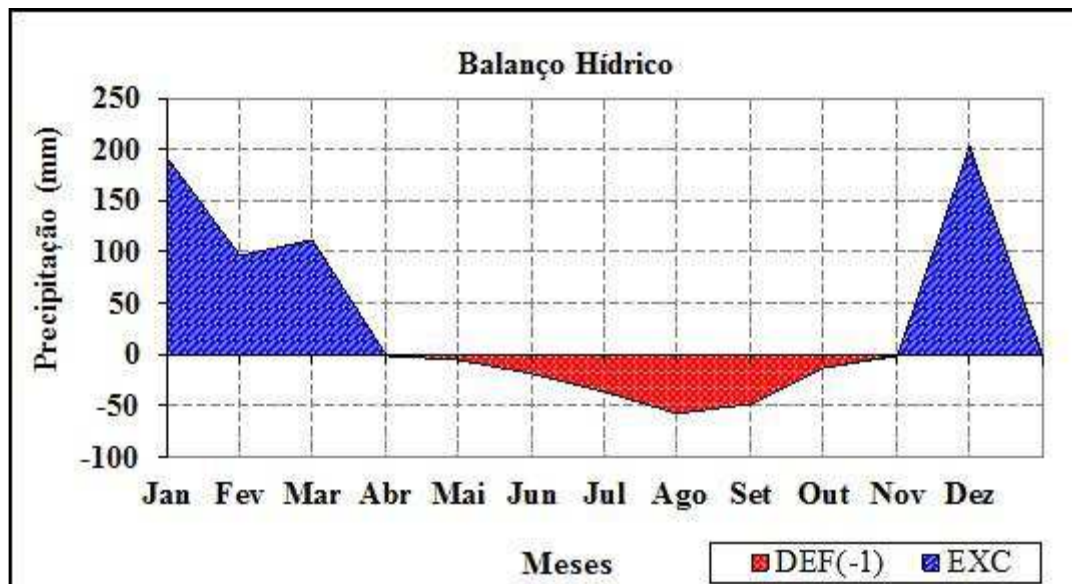
## **2.8 ÁREA DE TRABALHO**

A área de estudo deste trabalho, compreende o município de Uberlândia que se localiza na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com uma população estimada de 662.362 habitantes e uma área de 4.115,206 Km<sup>2</sup>, segundo dados do IBGE (2015). Esse município possui 4 (quatro) distritos, sendo eles, Cruzeiro dos Peixotos, Martinésia, Miraporanga e Tapuirama conforme Reis (2015).

Baseado na classificação de Koppen (1918), o clima da região é Aw, ou seja, apresenta um inverno seco e um verão chuvoso, onde há predominância de sistemas intertropicais e polares, que são responsáveis pela variação sazonal entre as duas estações, conforme afirma Mendes (2001) e Carrijo e Baccaro (2000). Em relação ao mês mais seco a média total de precipitação varia em torno de 60 mm enquanto que o mês mais chuvoso varia em torno 250 mm e uma média anual total entre 1500 mm a 1600 mm, segundo Mendes

(2001). Na figura 3 é apresentado o balanço hídrico do município de Uberlândia.

**Figura 3** - Balanço Hídrico do município de Uberlândia - MG.



**Fonte:** Mendes (2010).

Conforme observado na figura 3, o período chuvoso de Uberlândia corresponde ao período entre novembro e março marcados pela cor azul, enquanto que o período seco, representado pela cor vermelha, varia de abril a outubro.

A cidade de Uberlândia segundo dados do Projeto RadamBrasil (1983) se situa no domínio dos Planaltos e Chapada da Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando um relevo tabular e levemente ondulado. Os solos variam de latossolo vermelho a vermelho escuro e alguns pontos de solo podzólico, com predominância de vegetação de Cerrado, como veredas, campos limpos, campos sujos ou cerradinhos, cerradões, matas de várzea, matas de galeria ou ciliares e matas mesofíticas segundo Prado e outros (2016).

Os cursos de água correm sobre basalto e com declividade suave, com exceção da parte norte que possui um relevo fortemente ondulado, mais precisamente próximo do Vale do Rio Araguari, sendo que nessas áreas o solo é considerado fértil (REIS, 2015).

O município é drenado pela bacia do Rio Araguari e Tijuco, no qual o primeiro possui um potencial hidroelétrico já explorado por 4 (quatro) usinas,

sendo elas, a Nova Ponte, Miranda e Amador Aguiar I e II, sendo uma alternativa de abastecimento de água para o município e tem como seu principal afluente o Rio Uberabinha, com grande relevância para a cidade no que se refere a abastecimento de água para a população, tendo como principais afluentes os Ribeirões Beija-Flor, Rio das Pedras e o Ribeirão Bom Jardim, localizados na zona rural e os córregos Cajubá, Tabocas, São Pedro (totalmente canalizados), Vinhedo, Lagoinha, Liso, do Salto, Guaribas, Bons Olhos, do Óleo, Cavalo, entre outros, situados na zona urbana (REIS, 2015).

A intensa expansão urbana de Uberlândia acarretou mudanças de ordem física, econômica e social, no qual o aumento populacional está ligado a questões financeiras, com isso à necessidade de um bom planejamento urbano que vise a melhor qualidade de vida, pois sua ausência ou mal planejamento dos equipamentos urbanos podem gerar impactos, como por exemplo as enchentes e inundações derivadas de um mal planejamento do sistema de captação da água (Silva, 2013).

## REFERÊNCIAS

- ABICO, A.; MORAES, O. B. **Desenvolvimento urbano sustentável**. 26. ed. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2009. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/files/files/alex/TT26DesUrbSustentavel.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Água na medida certa: a hidrometria no Brasil**. Brasília, DF, 2012. 72 p.
- ANDRADE, J. B. **Saneamento básico sistema de abastecimento de água**. 2004. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/13484/material/APOSTILA\\_AGUA.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/13484/material/APOSTILA_AGUA.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- ARAÚJO, M. F. C. et al. Precipitação pluviométrica mensal no Estado do Rio de Janeiro: sazonalidade e tendência. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p.90-100, ago. 2009.
- BACCI, D. La C; PATACA, E. M.. Educação para a água. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p.211-226, jul. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a14.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2016.
- BATISTA, A. L. F. **Modelo de séries temporais e redes neurais artificiais na previsão de vazão**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1918/1/DISSERTAÇÃO\\_Modelos de séries temporais e redes neurais na previsão de vazão.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1918/1/DISSERTAÇÃO_Modelos%20de%20s%C3%A9ries%20temporais%20e%20redes%20neurais%20na%20previs%C3%A3o%20de%20vaz%C3%A3o.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2016.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Seção 1, p. 16509. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 5 mai. 2016.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Seção 1., p.
- BRASIL. Secretaria de Meio Ambiente (SMA) e Coordenadoria de Educação Ambiental (CEA). **Caderno de Educação Ambiental Recursos Hídricos**. São Paulo: SMA/CEA, 2011.



CARRIJO, B.R.; BACCARO, C.A.D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 70-83, 2000.

CASTRO JUNIOR, R. M.; SOBREIRA, F. G.; BORTOLOTTI, F. D.. Modelagem geoestatística a partir de parâmetros de qualidade da água (IQA-NSF) para a sub-bacia hidrográfica do Rio Castelo (ES) usando sistema de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Ouro Preto, v. 59, n. 3, p.241-253, 2007.

CASTRO, N. M. dos R.; BAYER, D. M.; BAYER, F. M.. Modelagem e Previsão de Vazões Médias Mensais do Rio Potiribu Utilizando Modelos de Séries Temporais. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.17, n. 2, p.229-239, jun. 2011.

CAVALCANTI, C. et. al. **Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. Recife: Instituto de Pesquisas Sociais, 1994. Disponível em: <<http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

COSTA, J. F. C. L. **Pesquisa geológica e avaliação do recurso sílico carbonatado nas frentes 1 e 4 da mina do Complexo Mineroquímico de Catalão - CMC**. Catalão: LPM, 2009.

EHLERS, Ricardo S. **Análise de Séries Temporais**. Paraná: Ricardo Sandes Ehlers, 2004. 53 p.

FARIAS, Paulo Roberto Silva et al. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura. Sociedade Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 235-241, 2003.

FERRAZ, M. I. F. **Uso de modelos de séries temporais na previsão da série de precipitações pluviais mensais no município de Lavras - MG**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999, 97 p.

GOMES, M. A. F. (São Paulo). Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. 2011. Disponível em: <[http://webmail.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf)>. Acesso em: 04 mai. 2016.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V. ; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 5, p. 74-83.

GROPPO, J. D. et al. Análise de séries temporais de vazão e de precipitação na Bacia do Rio Piracicaba. **Revista de Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 18, p.109-117, dez. 2001. Disponível em:

<<http://www.unimep.br/phpg/editora/revistaspdf/rct18art10.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

GROPPO, J. D. et al. Análise de séries temporais de vazão e precipitação em algumas bacias do estado de São Paulo com diferentes graus de intervenções antrópicas. **Geociências**, São Paulo, v. 24, n. 2, p.181-192, 2005.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.

IBGE. **Minas Gerais**. 2015. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=317020>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

JOURNEL, A. G. & HUIJBREGTS, J.C.H. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1978.

KÖPPEN, W. Klassifikation der klimate nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. Petermanns Geographische Mitteilungen. Florida: Gotha, 1918. v. 64, p. 193-203.

LANDIM, P. M. B.. Sobre Geoestatística e mapas. **Terrae Didatica**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.19-33, 2006. Disponível em:

<[http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/t\\_didatica\\_2006\\_v02n01\\_p019-033\\_landim.pdf](http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/t_didatica_2006_v02n01_p019-033_landim.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2016.

LOUREIRO, G. E.; FERNANDES, L. L.. Variação da precipitação por método de interpolação geoestatística. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p.77-87, 2013.

MARION, C. V. A questão ambiental e suas problemáticas atuais: uma visão sistêmica da crise. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO E CONTEMPORANEIDADE, 2., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2013. p. 657 - 669.

MARTINS, Tiago José Carrilho. **Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada**. 2014. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2014.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. **Qualidade da água para consumo humano**. Lisboa: Lidel, 2004.

MENDES, P.C. **A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG)**. 2001. 237 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. de C. **Séries temporais**. São Paulo: Atual, 2005,

PAZ, A. R. **Hidrologia aplicada**. 2004. Disponível em: <[http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila\\_HIDROLOGIA\\_APLICADA\\_UERGS.pdf](http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2015.

PINTO, V. P.S.; ZACARIAS, R. Crise ambiental: adaptar ou transformar? As diferentes concepções de educação ambiental diante deste dilema. **Educação Foco**, Juiz de Fora, v. 14, n. 2, p.39-54, fev. 2010.

PINTO, W. de P.; LIMA, G. B.; ZANETTI, J. B. Análise comparativa de modelos de séries temporais para modelagem e previsão de regimes de vazões médias mensais do Rio Doce, Colatina - Espírito Santo. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.1-11, ago. 2015.

PRADO, B. Q. de M. et al. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 21, p.407- 413, jun. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413\\_41522016147040.pdf](http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413_41522016147040.pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2016.

PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento dos recursos naturais**, Rio de Janeiro, 1983. v.32.

QUINTANA, A. C.; HACON, V. O desenvolvimento do capitalismo e a crise ambiental. **O Social em Questão**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 25, p.427-444, 2011. Disponível em: <[http://osocialemquestao.ser.puc-rio.br/media/21\\_OSQ\\_25\\_26\\_Quintana\\_e\\_Hacon.pdf](http://osocialemquestao.ser.puc-rio.br/media/21_OSQ_25_26_Quintana_e_Hacon.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2015.

REIS, M. A. S. **Banco de dados integrados**. Uberlândia: Seplan, 2015. Disponível em: <[http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms\\_b\\_arquivos/14098.pdf](http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/14098.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2016.

ROCHA, T. do A.; QUEIROZ, M. O. B. de. O meio ambiente como um direito fundamental da pessoa humana. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, n. 95, dez. 2011. Disponível em: <[http://ambito-juridico.com.br/site/?artigo\\_id=10795&n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura](http://ambito-juridico.com.br/site/?artigo_id=10795&n_link=revista_artigos_leitura)>. Acesso em: 5 ago 2016.

SILVA, D. L. **Avaliação da campanha de disputa de condomínio na redução do consumo de água**. 2014. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.

SILVA, E.M. **A cidade e o clima**: impactos das precipitações concentradas s tendências climáticas em Uberlândia - MG. 2013. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SOUZA, C. F. ; SILVEIRA, A. L. L. ; COLLISCHONN, W. Análise de vazões diárias por métodos de séries temporais. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 1., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH,

2006. Disponível em: < [http://www.ctec.ufal.br/professor/cfs/Sul\\_Sud06%20-%20Series.pdf](http://www.ctec.ufal.br/professor/cfs/Sul_Sud06%20-%20Series.pdf)>. Acesso em: 5 ago. 2016.

STURARO, José Ricardo. Apostila de geoestatística básica. UNESP: Departamento de Geologia Aplicada – IGCE, 2015.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p.1-16, 2008.

TUNDISI, J. G. et al. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos. In: BARBOSA, F. A. (Org.) **Ângulos da água**: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. p.157-183

UBERLÂNDIA (MG). Departamento de água e Esgoto de Uberlândia. **Autarquia**. 2015. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=745>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

Valente J. M. G. P. **Geomatemática**: lições de geoestatística. Ouro Preto: Ed. Fundação Gorceix, 1982.

Yamamoto J. K. **Avaliação e classificação de reservas minerais**. São Paulo: EDUSP, 2001.

## **CAPÍTULO 2**

### **MODELO GEOESTATÍSTICO PARA O CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL DA CIDADE DE UBERLÂNDIA – MG.**

#### **1 RESUMO**

O conhecimento do comportamento espacial do consumo de água urbano é essencial para uma gestão eficiente referente ao fornecimento de água com qualidade, regularidade e de forma acessível a toda população. Nesse contexto, esta pesquisa teve por finalidade elaborar a caracterização espacial dos dados de consumo de água residencial na cidade de Uberlândia, MG, em m<sup>3</sup>, no período de 2011 a 2015, compreendendo sua distribuição e variabilidade espacial. Verificou-se, pelo semivariograma, que ocorre fraca dependência espacial, expressa pelo alto valor de efeito pepita, tanto para o período seco como para o período chuvoso, nos anos de 2011 a 2015, sendo ajustado o modelo exponencial em todos os casos. Em relação a sua distribuição espacial observa-se um alto consumo de água residencial, no setor central da cidade e suas áreas limítrofes. Notou-se ainda um aumento no consumo de água de 2011 a 2013 no período chuvoso, com uma redução no período seco de 2013 se estendendo até 2014 com posterior aumento em 2015, com ápice no período seco do ano de 2015.

**Palavras Chaves:** consumo de água, estatística espacial, krigagem.

#### **GEOSTATISTICAL MODEL FOR THE RESIDENTIAL WATER CONSUMPTION OF UBERLÂNDIA CITY - MG.**

#### **2 ABSTRACT**

Knowledge of the spatial behavior of urban water consumption is essential for efficient management of quality water supply, regularity and accessibility to the entire population. In this context, this research had the purpose of elaborating the spatial characterization of residential water consumption data in Uberlândia city, MG, in m<sup>3</sup>, from 2011 to 2015, including its spatial distribution and variability. It was verified by the semivariogram that there is a weak spatial dependence, expressed by the high value of the nugget effect, for both the dry period and the rainy season, from 2011 to 2015, and the exponential model was adjusted in all cases. In relation to its spatial distribution, it is observed a high consumption of residential water, in the central sector of the city and its bordering areas. There was also an increase in water consumption from 2011 to 2013 in the rainy season, with a reduction in the dry period of 2013 extending to 2014 with a subsequent increase in 2015, with a peak in the dry period of 2015.

**Keywords:** water consumption, spatial statistics, kriging.

### 3 INTRODUÇÃO

A água é a substância mais abundante encontrada na superfície terrestre, podendo estar presente no estado, sólido, líquido ou gasoso. Sua renovação se dá por meio do ciclo hidrológico. Do total de água presente na superfície terrestre, somente uma pequena parcela está disposta na forma de água doce e de fácil acesso para o consumo humano (MORAES; MORAES, 2015).

A água, durante sua circulação, pode ser contaminada pelos homens e/ou animais por meio de esgotos residenciais, hospitalares e industriais lançados sem tratamento, defecação de animais, dentre outros. Podendo causar doenças à saúde humana, portanto há necessidade de tratamento de água adequado para cada tipo de consumo, o que envolve processos químicos e físicos (CESAN, 2013).

Moraes e Moraes (2015) apontam os diversos usos da água, seja de forma direta ou indireta, como, por exemplo, geração de energia elétrica, mineração, irrigação, nas atividades humanas, turismo, pesca, dentre outros. E estes usos podem comprometer ou reduzir a disponibilidade de água, afetando diretamente os seres vivos.

Em relação aos demais usos, o consumo de água doméstico é considerado o mais nobre, pois está diretamente relacionado à qualidade de vida da população. Apesar da pouca representatividade do consumo doméstico em relação aos demais usos, são as decisões ocorridas na área urbana, que afetam o consumo de água do agronegócio e da indústria, isso se deve ao fato de que a cidade constrói os padrões de produção e consumo (CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014).

Carmo, Dagnino e Johansen (2014) apontam que no que se refere aos recursos hídricos urbanos, assuntos relacionados à drenagem urbana e contaminação de mananciais são necessários devido à sua influência na disponibilidade de água para o consumo. Nesse contexto, Oliveira-junior e outros (2013) salientam a relação entre o crescimento demográfico desordenado e seus impactos no meio ambiente, onde ressalta a questão da poluição e desperdício dos recursos hídricos.

Moraes e Moraes (2015) e Carvalho e outros (2015) advertem para o aumento do consumo total de água e do desperdício, sendo o último, referente as perdas no percurso, ou seja, entre a captação e os domicílios, tubulações antigas, vazamentos, desvios clandestinos e o aumento do consumo e do desperdício dentro das residências. Logo há a necessidade de uma maior atenção com esse recurso, porque sua escassez acarreta problemas de ordem política, econômica, sanitária e até conflitos devido sua vital importância para os seres vivos.

Portanto, diante do problema hídrico instalado no Brasil é pertinente estudos que visem à avaliação desse recurso quanto à visualização da espacialização do consumo de água, possibilitando delimitar quais os principais pontos de consumo, tornando mais fácil a elaboração de uma melhor gestão e planejamento desse recurso. Sendo assim, a geoestatística aparece para estudar fenômenos naturais por meio de estudo estatístico, levando em consideração a distribuição espacial de uma ou mais variáveis denominadas, variáveis regionalizadas. Sendo aplicada em diversas áreas, não apenas na Pesquisa e Avaliação Mineral, mas também, na Hidrogeologia, na Cartografia, Geologia Ambiental e Geotecnia (STURARO, 2015).

Pela relevância em estudos sobre recursos hídricos. Este trabalho tem como objetivo elaborar a caracterização espacial dos dados de consumo de água residencial na cidade de Uberlândia, MG, em m<sup>3</sup>, no período de 2011 a 2015, compreendendo sua distribuição e variabilidade espacial.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados utilizada neste trabalho é referente ao consumo de água residencial, medidos em m<sup>3</sup>, de 267 pontos, no período de 2011 a 2015, na cidade de Uberlândia - MG. Todos os setores da cidade foram amostrados, para obter melhor qualidade da distribuição espacial da variável estudada. Os dados foram obtidos pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), da cidade de Uberlândia, disponibilizado pelo próprio órgão responsável.

A área estudada está localizada no Estado de Minas Gerais, na região sudeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas entre 18° 50' e 19° 00' 30" Sul e 48° 10' e 48° 24' Oeste, que compreende aos pontos amostrais dentro da cidade de Uberlândia, mas não obedecendo os limites da cidade de Uberlândia, estipulado pela prefeitura. A cidade apresenta uma população de 669.672 habitantes segundo dados do IBGE (2016).

Em relação a condição climática, possui duas estações definidas, uma caracterizada por ser úmida e outra seca, segundo Feltran Filho (1997). Com base nessa informação, este trabalho considera o período seco variando entre o mês de abril e outubro e o período chuvoso de novembro a março.

Após a obtenção dos dados foi realizado uma análise exploratória descritiva dos dados para validação do banco de dados e compreensão espacial da variável estudada como a presença de outliers e tendência, cálculo de média, o coeficiente de variação, a assimetria e a curtose, necessários para adoção de decisões durante a análise dos dados e elaboração de gráficos (LANDIM, 2006).

Em seguida foi feita uma análise estrutural com o objetivo de construir um semivariograma que seja capaz de descrever a variabilidade espacial do consumo de água em cada período avaliado (LANDIM, 1998). O semivariograma mostra o grau de dependência espacial dos dados sendo condicionado pela distância e é expresso pela equação 1. (LANDIM, 2006)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$



Sendo que  $[Z(x_i), Z(x_i + h)]$  a observação dos pontos, o  $N(h)$  como o número de pares na distância  $h$ . Com base nas análises dos histogramas, os dados apresentaram uma acentuada assimetria, sendo assim os mesmos foram transformados em logaritmo na base 10 e para a obtenção dos semivariogramas foi definido uma distância máxima e 12000 UTM, que corresponde a aproximadamente 50% da distância máxima analisada.

Em seguida é necessário o ajuste, sendo que este não é direto e automático, mas sim iterativo e cabe ao intérprete fazer um primeiro ajuste e verificar a adequação do modelo. Dependendo do ajuste obtido, se pode ou não redefinir o modelo, até obtenção de um que seja considerado satisfatório. (CAMARGO, 1998). O modelo estatístico utilizado foi exponencial, definido pela equação 2.

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right) \right] \quad (2)$$

Onde,  $C_0$  é o efeito pepita, o  $C_1$  é a contribuição da dependência espacial,  $h$  a distância e  $a$  o alcance prático. Este modelo atinge o patamar assintoticamente.

Posteriormente foi utilizada como interpolador a krigagem ordinária para estimar valores a partir de informações adjacentes. Sendo este um método de estimativa de médias móveis que utiliza dados do semivariograma, visando encontrar o peso adequado a ser associado as amostras para estimar a área a ser estudada, por isso a necessidade de um bom ajuste do semivariograma (LANDIM, 2006).

Por fim foi gerado mapas de consumo de água residencial da cidade de Uberlândia, MG no período de 2011 a 2015, que possibilita visualizar a distribuição espacial desta variável ao longo do tempo.

Todas as análises foram realizadas no pacote geoR (Ribeiro Júnior & Diggle, 2001), do software R 3.1.1 (R development Core Team, 2007), com exceção da análise descritiva que foi realizada no Action 2.9.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de médias mensais de consumo de água residenciais, em m<sup>3</sup>, para o período chuvoso, nos duzentos e sessenta e sete pontos amostrais, foram analisados por meio da estatística descritiva.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as estimativas dos parâmetros estatísticos utilizados na descrição da variável, consumo mensal de água residencial, no período chuvoso e no período seco, respectivamente.

**Tabela 1** - Estatística descritiva para os dados originais de consumo de água residencial, no período chuvoso, na cidade de Uberlândia- MG

Estatística	2011	2012	2013	2014	2015
$\bar{X}$	11301,94	12310,05	12391,82	12464,03	11556,52
S	18443,05	21812,17	21859,58	21894,76	20561,18
CV	163,18	177,19	176,40	175,66	177,92
Assimetria	5,00	6,18	6,28	6,39	6,57
Curtose	35,93	57,27	58,81	60,68	64,07

Fonte: a autora.

**Tabela 2** - Estatística descritiva para os dados originais de consumo de água residencial, no período seco, na cidade de Uberlândia-MG.

Estatística	2011	2012	2013	2014	2015
$\bar{X}$	11916,92	12232,27	12783,54	12431,35	11877,52
S	21197,43	21445,08	22301,35	21807,94	21050,80
CV	177,88	175,32	174,45	175,43	177,23
Assimetria	6,09	6,17	6,33	6,53	6,67
Curtose	55,30	56,87	59,88	63,35	65,95

Fonte: a autora.

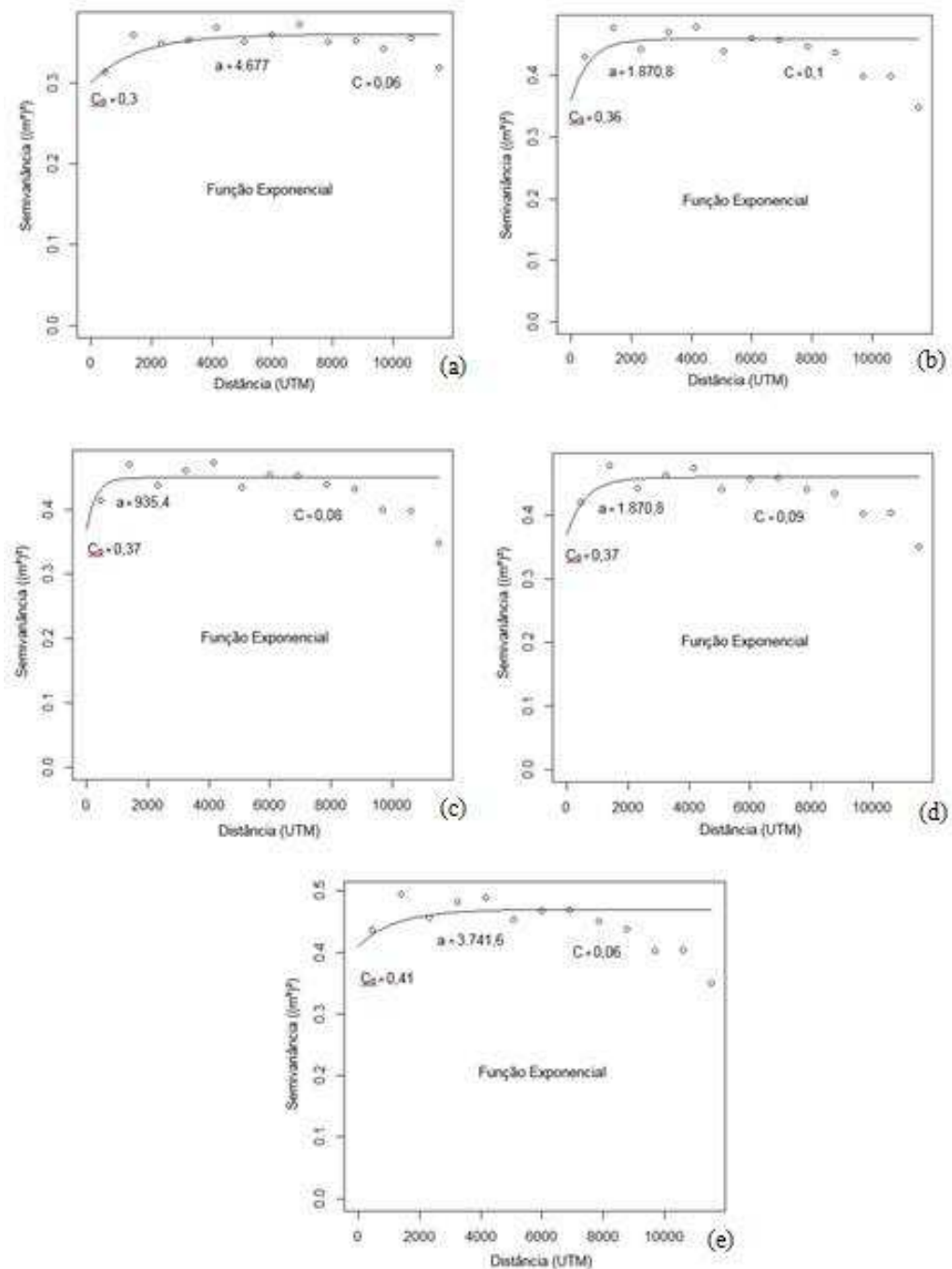
Conforme observado nas Tabelas 1 e 2, o desvio padrão foi superior à média em todos dos períodos, o que acarretou uma alta variabilidade expressa pelos coeficientes de variação. Neste contexto pode-se inferir que a variação de consumo dentro de um mesmo período na cidade é elevada. Essa alta variação pode estar associada ao fato de que há regiões (ponto de coleta) com maior densidade populacional do que outras, influenciando o consumo total de água potável.

Também verifica-se valores altos tanto do coeficiente de assimetria como o de curtose, indicando afastamento pronunciado da distribuição simétrica (normal).

Em seguida foi realizado histogramas para cada ano e período, onde verificou que a variável se afastou da distribuição normal, apresentando um acentuado comportamento assimétrico positivo. Logo, os dados foram transformados para logaritmos de base 10, conforme recomendam Yamamoto (2001) e Landim (1998), para que os dados tendessem para uma distribuição normal.

Nas figuras 4 e 5 são apresentados os semivariogramas dos períodos analisados, seco e chuvoso, nos anos de 2011 a 2015.

**Figura 4** - Semivariograma do período chuvoso na cidade de Uberlândia - MG no ano (a) 2011, (b) 2012, (c) 2013, (d) 2014 e (e) 2015.

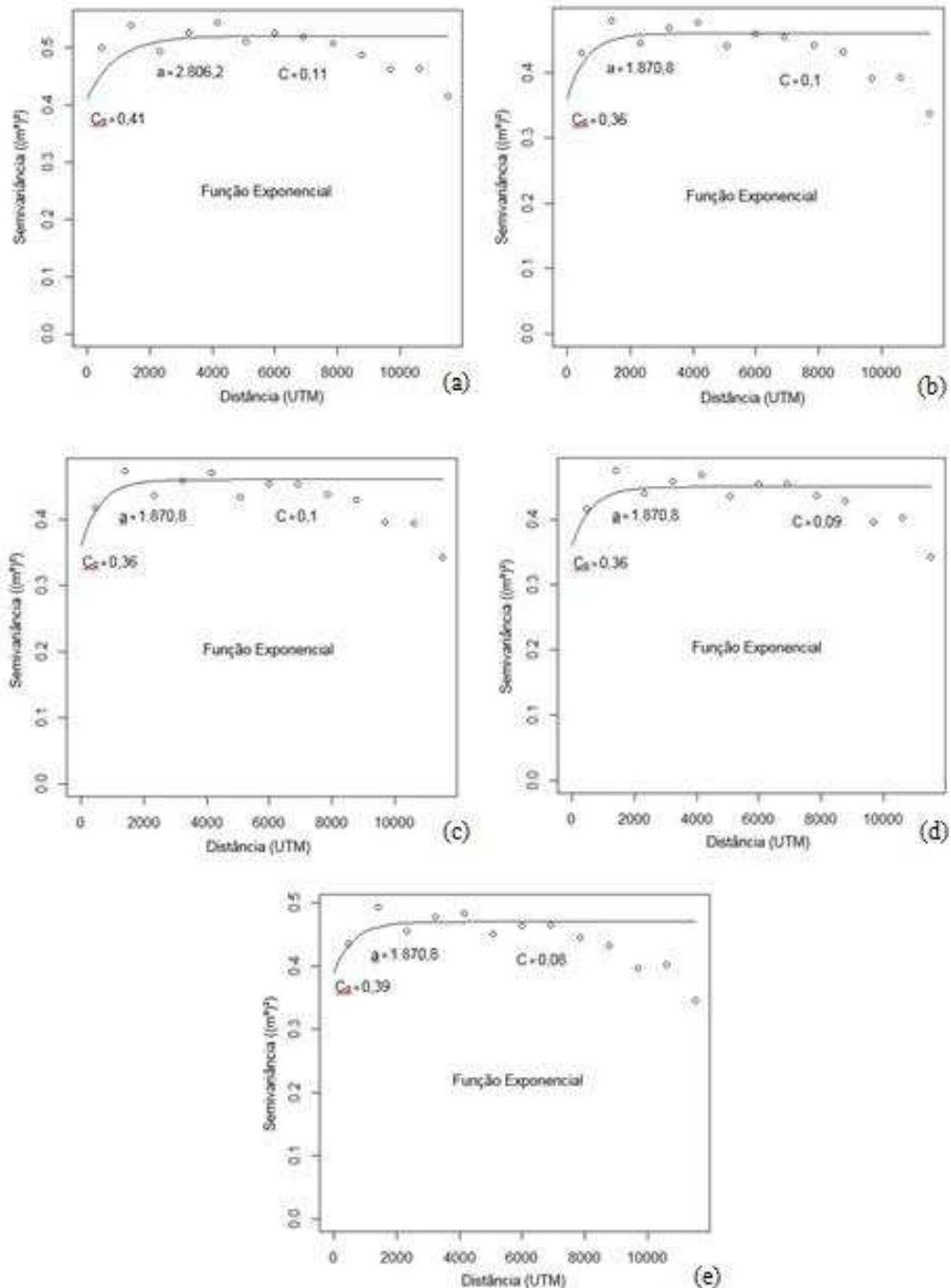


**Fonte:** a autora.

Como observado na figura 4 que todos os anos do período chuvoso se ajustaram ao modelo exponencial. Possui fraca dependência, devido ao alto efeito pepita, variando de 0,3 a 0,41. Em relação ao alcance, os anos de 2011 (figura 1a) e 2015 (figura 1e) apresentaram os maiores valores (4.677 e 3.741,6

respectivamente) enquanto que o ano de 2013 (figura 1c) mostra o menor valor (935,4). A contribuição da dependência espacial variou de 0,06 a 0,1.

**Figura 5** - Semivariograma do período seco na cidade de Uberlândia - MG no ano (a) 2011, (b) 2012, (c) 2013, (d) 2014 e (e) 2015.



**Fonte:** a autora.

Como observado na figura 5, todos os anos do período seco também se ajustaram ao modelo exponencial. Fraca dependência, devido ao alto efeito pepita, variando de 0,36 a 0,41. Em relação ao alcance, com exceção do ano de 2011 (figura 1a), que apresentou o maior valor (2.806,2), todos os anos

apresentaram o mesmo alcance (1.870,8). A contribuição da dependência variou de 0,06 a 0,11.

A fraca dependência espacial, expressa pela relação entre efeito pepita (Co) e patamar (Co + C), indica, conforme argumentam Cambardella et al (1994), que a fonte de variação aleatória predomina sobre a fonte de variação explicada pela relação entre observações vizinhas. Este fato de alta variabilidade aleatória ocorrido neste estudo pode ser explicado por diversos fatores, dentre eles bairros com alta densidade populacional próximos a bairros com baixa densidade populacional e, no presente estudo foi utilizado o consumo total de água.

Em estudos que envolvem variáveis com maior continuidade espacial, como é o caso de atributos de solos, espera-se grau dependência espacial forte ou moderado, conforme pode ser visualizado em Souza et al (2006); Bitencourt e outros (2015). Entretanto, mesmos nestes casos, quando o atributo analisado apresenta coeficientes de variação elevados, ocorre geralmente grau de dependência fraco ou até mesmo a ausência da dependência espacial, como foi o caso, por exemplo, da condutividade hidráulica saturada avaliada por Gomes e outros (2007).

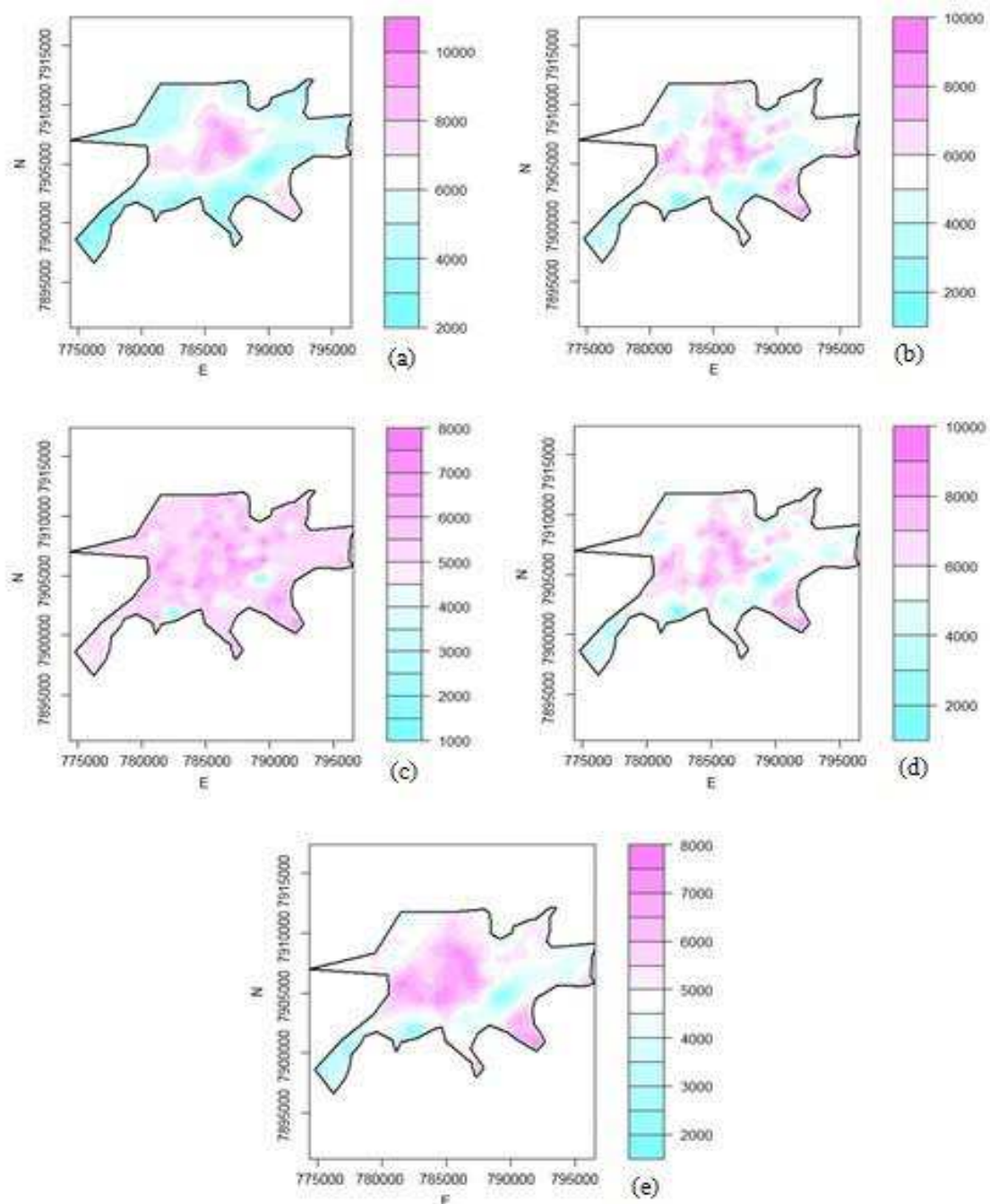
Em relação aos alcances encontrados neste trabalho pode-se inferir que o raio de dependência espacial foi relativamente curto, pois o maior alcance encontrado foi de 4677 UTM para o período chuvoso em 2011, que corresponde a aproximadamente 20% da distância máxima analisada. Este comportamento também pode estar associado à alta variabilidade dos dados de consumo total como já foi discutido anteriormente.

A variação relativamente grande para os alcances no período chuvoso e uma aparente estabilidade dos alcances no período seco pode estar associada com as variações climáticas na região, onde geralmente se observa maior variabilidade dos atributos climáticos no verão, provocando, por consequência, maior variabilidade no consumo.

O ajuste do semivariograma e a interpolação realizada pela krigagem ordinária, por assumir que os valores na região de interesse não apresentam tendência que possam afetar os resultados, possibilitaram a confecção do mapa de isolinhas, para cada período. Estas expressam, áreas com maior ou

menor consumo de água (regiões do mapa na cor rosa e na cor azul respectivamente), conforme apresentado nas figuras 6 e 7.

**Figura 6** - Mapa do período chuvoso da cidade de Uberlândia -MG no ano (a) 2011, (b) 2012, (c) 2013, (d) 2014 e (e) 2015.

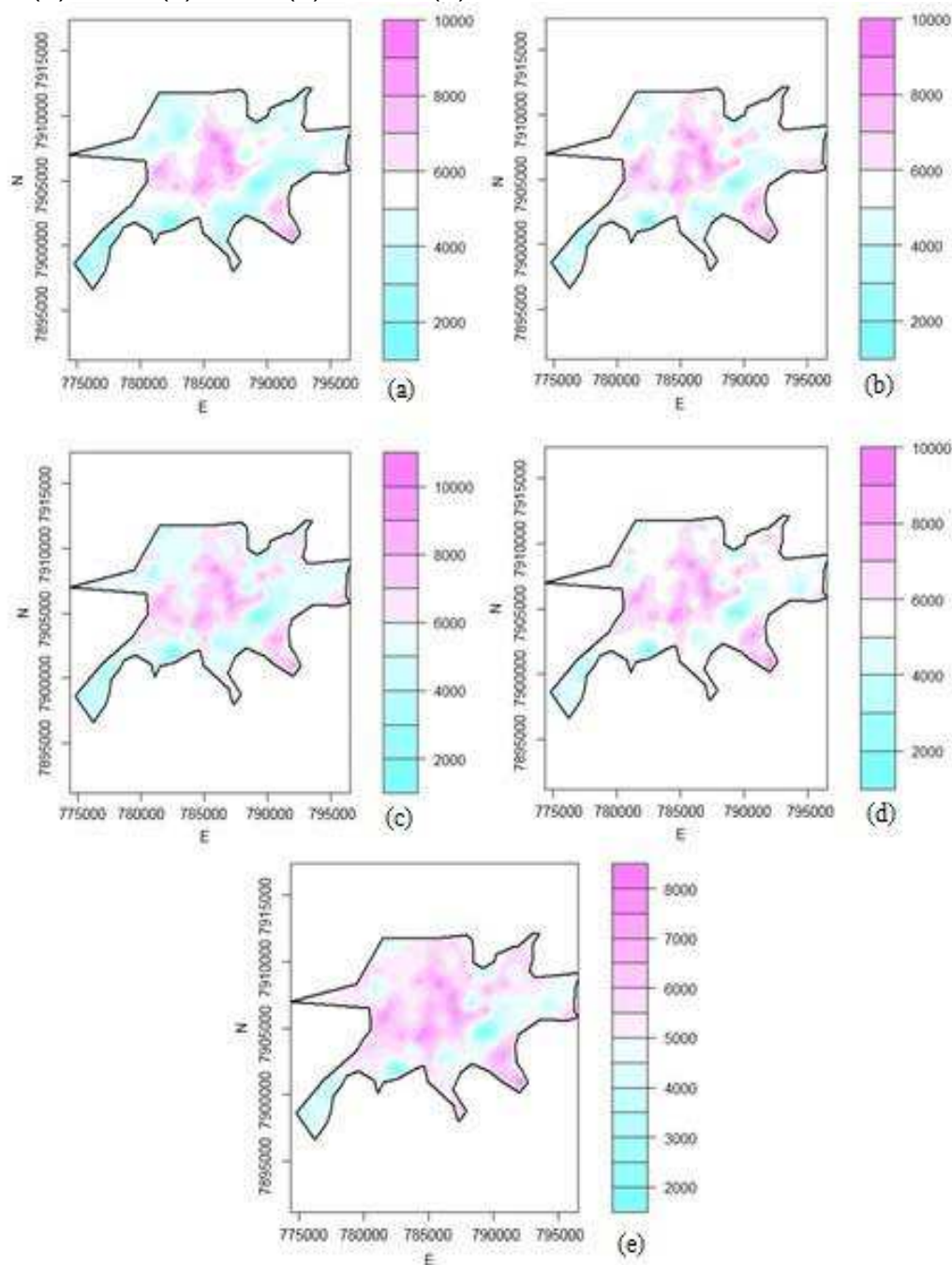


**Fonte:** a autora.

Os resultados da figura 6 apontam um padrão de concentração de alto consumo na região central e suas áreas limítrofes, com exceção do ano de 2013, que o consumo foi alto em toda a cidade, representada pela cor rosa.

Entretanto, nota-se a probabilidade de ocorrência de consumo de pelo menos 2.000 m<sup>3</sup> de água em praticamente toda cidade.

**Figura 7** - Mapa do período seco na cidade de Uberlândia - MG no ano (a) 2011, (b) 2012, (c) 2013, (d) 2014 e (e) 2015.



**Fonte:** a autora.

Os resultados da figura 7 apontam um padrão de concentração de alto consumo na região central e suas áreas limítrofes, com exceção do ano de 2015, que o consumo foi alto em toda a cidade, representada pela cor rosa.



Entretanto, nota-se a probabilidade de ocorrência de consumo de pelo menos 2.000 m<sup>3</sup> de água em praticamente toda cidade.

No período seco, o fato dos semivariogramas apresentarem modelos de ajuste semelhantes com alcances semelhantes podem estar associados com uma possível estabilidade espacial do comportamento do consumo, ou seja, a distribuição espacial é parecida ao longo dos anos, alterando apenas a escala do consumo. Nota-se, na Figura 7, que realmente a distribuição espacial ao longo do tempo, no período seco é mais estável que no período chuvoso (Figura 6). Autores como Gonçalves e outros (1999) e Salvador e outros (2012) abordaram aspectos da estabilidade temporal da variabilidade espacial das variáveis e suas implicações no planejamento de decisões associadas as variáveis analisadas.

## 6 CONCLUSÕES

O comportamento espacial do consumo de água residencial de Uberlândia- MG, pode ser explicado pelo modelo de semivariograma exponencial com fraca dependência, tanto no período chuvoso quanto no seco, nos anos de 2011 a 2015.

Em relação a distribuição espacial, observa-se um alto consumo de água residencial, no setor central da cidade e suas áreas limítrofes. Ocorreu um aumento no consumo de água de 2011 a 2013 no período chuvoso, com uma redução no período seco de 2013 se estendendo até 2014 com posterior aumento em 2015, com ápice no período seco do ano de 2015.

A geoestatística voltada para os estudos ambientais, utilizada no presente trabalho, consiste em um instrumento inovador, por possibilitar a espacialização dos dados e conferir uma maior precisão aos estudos ambientais sendo que muitas vezes os mesmos são tomados sob uma perspectiva mais empírica e subjetiva por alguns profissionais da área.

Portanto pode ser utilizada para mapear a distribuição do consumo de água residencial, facilitando a visualização e identificação de zonas de maior e menor índice de consumo, constituindo uma ferramenta de monitoramento e identificação para uma gestão e planejamento mais adequados dos recursos hídricos em caso de escassez de água.

## REFERÊNCIAS

- BITENCOURT, D. G. B. et. al. Spatial variability structure of the surface layer attributes of gleysols from the coastal plain of Rio Grande do Sul. **Bioscience Journal**, Uberlândia: BJ, v. 31, n. 6, p.1711-1721, dez. 2015.
- CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: CAMARA, Gilberto; MEDEIROS, Jose Simeão de. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. Cap. 5. p. 1-36. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/5geoest.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2016.
- CAMBARDELLA, C.A. et. al. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison: SSSAj , v.58, p.1240-1248, 1994.
- CARMO, R. L.; DAGNINO, R. de S.; JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro: RBEP, v. 31, n. 1, p.169-190, jan. 2014. Disponível em: <[https://rebep.org.br/revista/article/view/648/pdf\\_615](https://rebep.org.br/revista/article/view/648/pdf_615)>. Acesso em: 22 mai. 2016.
- CARVALHO, Wallace da Silva et. al. Consumo e perda de água potável na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Produção e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro: RPD, v. 1, n. 3, p.80-89, set. 2015. Disponível em: <<http://reveletronica.cefet-rj.br/index.php/producaoeddesenvolvimento/article/view/111/109>>. Acesso em: 20 jul. 2016.
- CESAN. COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO. **Tratamento de Água**. Vila Velha: Cesan, 2013. Disponível em: <[http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA\\_DE\\_TRATAMENTO\\_DE\\_AGUA-.pdf](http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.
- FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas Chapadas do Oeste Mineiro**. 1997. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.
- GOMES, N. M. et al. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa: RBCS, v. 31, n. 3, p.435-443, jun. 2007.
- GONCALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, A. P. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa: RBCS, v..23, n.1, p.155-164, 1999.

IBGE. **Minas Gerais:** Uberlândia, MG, 2016. Disponível em:  
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317020&search=minas-gerais|uberlandia>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

LANDIM, P. M. B. (1998). **Análise estatística de dados geológicos**. Rio Claro: UNESP, 226p.

LANDIM, P. M. B. Sobre Geoestatística e mapas. **TerrÆ Didática**, São Paulo: TD, v. 2, n. 1, p.19-33, 2006. Disponível em:  
<[http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/t\\_didatica\\_2006\\_v02n01\\_p019-033\\_landim.pdf](http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/t_didatica_2006_v02n01_p019-033_landim.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2016.

MORAES, A. S. de; MORAES, A. de O. **Racionalização do uso de água em instituições de ensino superior:** estudo de caso do sistema de destilação da escola de engenharia da UFF. 2015. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química Oferecido Pelo Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em:  
<[http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/1602/1/PROJETO\\_FINAL\\_Alanna\\_e\\_Anelize.pdf](http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/1602/1/PROJETO_FINAL_Alanna_e_Anelize.pdf)>. Acesso em: 25 mai. 2016.

OLIVEIRA-JUNIOR, E. S. et al. Córregos urbanos do município de Cáceres-MT, Brasil: um olhar para a conservação. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria: REGETA, v. 17, n. 17, p. 3268-3274, dez. 2013. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/profile/Claumir\\_Muniz/publication/276253074\\_CORREGOS\\_URBANOS\\_DO\\_MUNICIPIO\\_DE\\_CACERES-MT\\_BRASIL\\_UM\\_OLHAR\\_PARA\\_A\\_CONSERVACAO/links/561cf0c208aea803672665f2.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Claumir_Muniz/publication/276253074_CORREGOS_URBANOS_DO_MUNICIPIO_DE_CACERES-MT_BRASIL_UM_OLHAR_PARA_A_CONSERVACAO/links/561cf0c208aea803672665f2.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2016.

R Development Core Team (2008) R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SALVADOR, M. M. S. et. al. Estabilidade temporal e variabilidade espacial da distribuição da armazenagem de água no solo numa sucessão feijão/aveia-preta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa: RBCS, v. 36, n. 5, p.1434-1447, 2012.

SOUZA, Z. M. et. al. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria: CR, v. 36, n. 1, p.128-134, fev. 2006.

STURARO, José Ricardo. Apostila de geoestatística básica. UNESP: IGCE, 2015.

Yamamoto J.K. **Avaliação e classificação de reservas minerais**. São Paulo: EDUSP, 2001.

## **CAPÍTULO 3**

### **MODELO DE SÉRIES TEMPORAIS PARA AS MÉDIAS DE CONSUMO DE ÁGUA DE ECONOMIAS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA - MG.**

#### **1 RESUMO**

As alterações climáticas e a questão hídrica são temas alvo de vários trabalhos científicos nos últimos anos, principalmente aqueles que tratam a precipitação pluviométrica como possível influência de vários fatores como saúde, abastecimento urbano, agricultura entre outros. Assim, torna-se interesse a busca por modelos capazes de descrever o comportamento das variáveis, captando as possíveis alterações e possibilitando fazer previsões, visando amenizar os impactos negativos dessas alterações para a humanidade. Os modelos de séries temporais podem ser aplicados na análise desse tipo de variável, mas para o sucesso da modelagem, é importante realizar a descrição correta do comportamento da série, identificando a presença de componentes como tendência e sazonalidade. Este trabalho tem como objetivo caracterizar o comportamento temporal do consumo de água das economias residenciais na cidade de Uberlândia - MG, no período de 2005 a 2015, obtendo o melhor modelo que se ajuste a série, visando fazer previsões, por meio da técnica de análise de séries temporais. Os testes foram feitos utilizando o software SPSS e os resultados indicaram que não há tendência na série geral para todo o período analisado e sazonalidade anual e houve influência da precipitação e das campanhas educativas na redução do consumo. O modelo que melhor se adequa a série estudada foi o Sazonal Simples, sendo eficiente para descrever os dados.

**Palavras Chaves:** modelo de previsão, sazonalidade, água potável.

### **MODEL TEMPERATURE SERIES FOR WATER CONSUMPTION MEASURES OF RESIDENTIAL ECONOMIES IN UBERLÂNDIA CITY - MG .**

#### **2 ABSTRACT**

Climate change and the water issue are the subject of several scientific studies in recent years, especially those that treat rainfall as a possible influence of several factors such as health, urban supply, agriculture and others. Thus, it becomes interesting the search capable models of describing the behavior variables, capturing the possible changes and making possible predictions, aiming at mitigating the negative impacts of these changes for humanity. The time series models can be applied in analysis of this variable type, but for modeling success, is important the correct description of the series behavior, identifying the presence of components such as trend and seasonality. This work aims to characterize the temporal behavior of water consumption of residential economies in the Uberlandia city - MG, from 2005 to 2015, obtaining the best model to fit the series, aiming to make predictions, through the

technique of analysis Time series. The tests were done using the SPSS software and the results indicated that there is no trend in the overall series for the entire analyzed period and annual seasonality and there was influence of precipitation and educational campaigns in the reduction of consumption. The model that best suits the series studied was the Simple Seasonal, being efficient to describe the data.

**Keywords:** forecast model, seasonality, drinking water.

### 3 INTRODUÇÃO

A questão hídrica é um assunto em pauta atualmente e a importância da água já é reconhecida, seja ela na manutenção das funções na natureza, como necessária para hidratação, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, dentre outras relevâncias conhecidas (PACHECO et. al., 2016).

Moraes e Moraes (2015), consideram o Brasil um país privilegiado no que se refere a quantidade de água superficial e subterrânea, relevante para o consumo humano, mesmo que não esteja distribuído igualmente em todo o território. Segundo Melo, Salla e Oliveira (2014), o consumo de água é o volume necessário para atender as necessidades dos usuários e o total de desperdícios ou perdas, seja por vazamentos ou usos inadequados, sendo assim, este é compreendido como evitável.

Diante dos diversos usos, enfatiza-se o consumo doméstico, considerado como o uso mais nobre por estar ligado as necessidades humanas essenciais e qualidade de vida, o qual sua demanda varia de acordo com a disponibilidade de água, os usos, costumes e renda da população, além de outros fatores, conforme Moraes e Moraes (2015).

No decorrer do tempo, os problemas relacionados a esse recurso ficam mais evidente, surgindo a necessidade de um melhor planejamento e gestão da água. Melo, Salla e Oliveira (2014), apontam a escassez como fonte de inúmeros problemas, como por exemplo a falta de abastecimento de algumas populações. Carvalho e outros (2015) afirmam que fatores como desperdício, poluição e mudanças climáticas são considerados riscos para o abastecimento de água, devido a redução dos níveis de água dos reservatórios.

Quando a intervenção humana ultrapassa os limites da qualidade ou quantidade da água ocasiona desequilíbrio, escassez ou degradação desse recurso natural, motivando a ampla discussão acerca desse tema (Silva; Santana, 2014).

Conforme dados do Censo Demográfico, realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Uberlândia saiu de 120.000 habitantes em 1970, para 604.013, em 2010. Esse crescimento refletiu em transformação no ambiente, como a construção de casas e edificações, instalação de equipamentos e canalização de córregos (CARNEIRO FILHO, 2008).

Carneiro Filho e outros (2008) apontam que a relevância da cidade de Uberlândia em relação ao Triângulo Mineiro se deve ao comércio atacadista e varejista e a expansão do setor de serviços ligados ao desenvolvimento industrial.

Silva (2013) destaca a fase de expansão que tem vivido a cidade Uberlândia, que reflete em mudanças de ordem física, econômica e social. Sendo a expansão demográfica ligada a fatores financeiro, o que ressalta a necessidade de um planejamento urbano adequado, visando melhorias na qualidade de vida da população e nos equipamentos urbanos, já que a maior parte da população vive na cidade, evitando problemas como alagamentos e inundações.

O uso de modelos matemáticos e técnicas estatísticas associadas as ferramentas computacionais, visando o conhecimento dos fenômenos naturais, são de grande importância em diversas áreas do conhecimento. Dentre elas, se destaca as séries temporais, por relacionar os valores de uma variável com os passados, possibilitando fazer previsões para cenários futuros (FIETZ, 2011).

A análise de séries temporais pode ser aplicada em diversas áreas como por exemplo, na epidemiologia, visando antever futuros cenários da distribuição de doenças na população e os fatores capazes de modificar essa distribuição para melhor ou pior, como é o caso do trabalho de Antunes e Cardoso (2015). Na meteorologia, para previsão de temperatura de determinada cidade, como realizado por Silva, Guimarães e Tavares, (2008). No estudo de redução do

consumo de água conforme Silva (2014), dentre outras inúmeras áreas, constituindo um estudo promissor para o entendimento de diversos fenômenos.

Portanto este trabalho tem como objetivo a caracterização do comportamento temporal do consumo de água das economias residenciais, medido em m<sup>3</sup>, na cidade de Uberlândia, MG, obtendo o melhor modelo que se ajuste a série, visando fazer previsões, por meio da técnica de análise de séries temporais.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados são referentes as médias mensais de consumo de água das economias residenciais, obtido pela divisão do total de água consumido no mês pelo número de economias residenciais, sendo as economias residenciais referentes ao número de ligações por residência e não por quantidade de hidrômetros, medido em m<sup>3</sup>, na cidade de Uberlândia, MG. Nas análises foram utilizados dados do período de janeiro de 2005 a dezembro de 2015, perfazendo 132 meses, constituindo parte do banco de dados do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), o qual foram disponibilizados pelo órgão.

A cidade de Uberlândia está localizada na microrregião do Triângulo Mineiro, localizado na latitude de 18° 55' 25"S e longitude de 48° 17' 19"W. Com uma população estimada de 669.672 habitantes em uma área de 4.115,206 Km<sup>2</sup>, segundo o IBGE (2016). Baseado na classificação de Köppen, a região possui o clima do tipo Aw, ou seja, apresenta verão quente e úmido e inverno frio e seco, com precipitações anuais variando entre 1.500 e 1.600 mm (MENDES, 2001). E temperatura em torno de 23 °C, podendo exceder no período mais úmido Reis (2015).

Uma série temporal é um conjunto de observações de uma determinada variável ao longo do tempo, sendo que o tempo pode ser substituído por outras variáveis como espaço, profundidade, dentre outras (MORETTIN; TOLOI, 2005).

Morettin e Toloi (2005), apontam que ao analisar uma série temporal o pesquisador pode estar interessado em compreender algumas características da variável, investigar o mecanismo gerador da série temporal, elaborar previsões, podendo esta, ser a curto prazo ou longo prazo; descrever o comportamento da série, através da construção de gráficos, a verificação de tendências, ciclos e variações sazonais, histogramas e diagramas de dispersão, ou procurar periodicidades relevantes nos dados.

As séries temporais possuem quatro elementos básicos, sendo eles, a tendência, as variações cíclicas, as variações sazonais e as variações irregulares. Sendo elas possíveis de serem desmembradas e estudadas

separadamente. Lembrando que os modelos de previsão são construídos a partir desses quatro elementos e que uma mesma série pode apresentar mais de um elemento (MIGON, 2005)

Todas as análises deste trabalho foram realizadas no software IBM SPSS Statistics 20, com exceção da análise descritiva que foi realizada no Excel. Os procedimentos de séries temporais foram realizados com os dados de 2005 a 2014, sendo que os dados de 2015 foram utilizados para verificação da eficiência do modelo ajustado.

Após a obtenção dos dados foi realizado uma análise descritiva, onde houve a elaboração do gráfico da série original para descrição do comportamento da variável, ou seja, observar presença ou não de tendência e/ou sazonalidade e outras variações.

Posteriormente foi elaborado o gráfico da função de autocorrelação (FAC) e o periodograma dos dados, para verificação da periodicidade. Após a confirmação das componentes da sazonalidade, houve a elaboração dos gráficos das funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) dos resíduos para estimar as ordens do modelo. A partir desses dados foi verificado as intervenções que por acaso ocorreram no período que foram significativas.

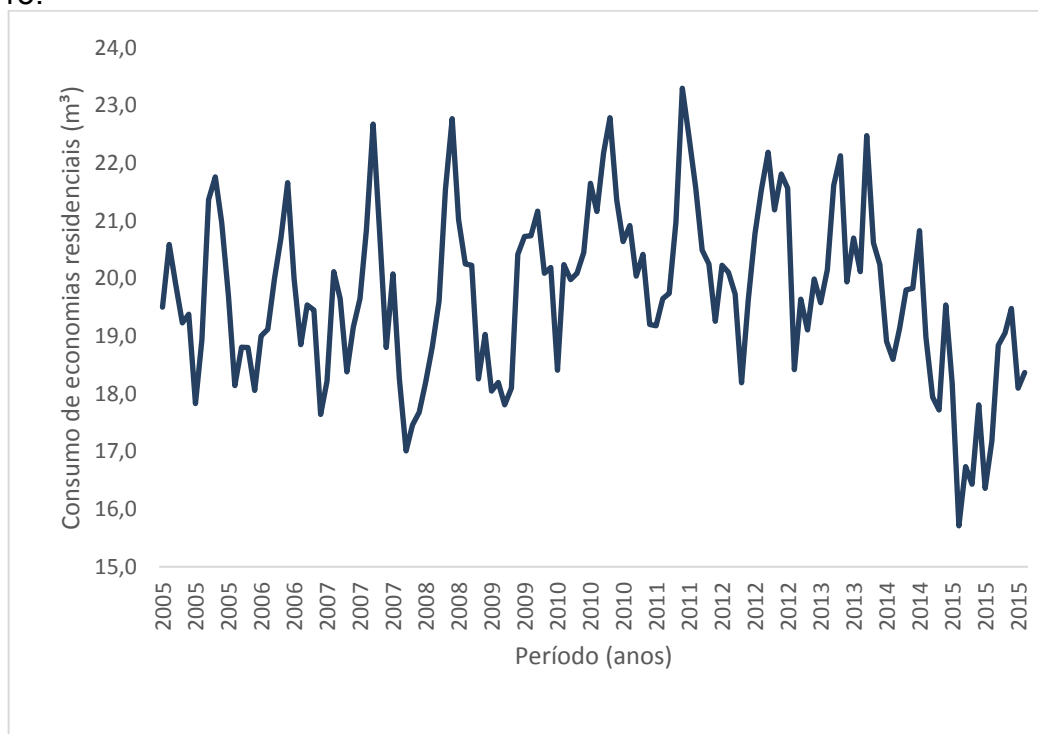
Por fim, com base nos dados observados de 2015 e os previstos pelo software SPSS foi calculado o erro absoluto médio e o erro relativo médio, com o objetivo de testar a qualidade do modelo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2005 a população de Uberlândia era de 570.982, passando a 669.672 no ano de 2016, portanto, a cidade teve um crescimento populacional de 17,28 %, no período 12 anos, o que reflete diretamente no aumento de consumo total de água. O consumo total médio no ano de 2005 foi de 3660382 m<sup>3</sup> e no ano de 2015 foi de 4515728 m<sup>3</sup>, perfazendo, aumento de 23,36 % , reforçando que o aumento populacional influencia o consumo.

A figura 8 representa o comportamento original da série de médias mensal de consumo de água das economias residenciais da cidade de Uberlândia, MG. Primeiramente, é possível observar a presença da componente sazonal, visualizada por meio dos picos recorrentes ao longo do tempo, porém não é possível afirmar a presença da componente tendência, pois não ocorreu inclinação significativa quando a série é analisada como um todo. Ferraz (1999) e Silva e outros (2008) entre outros autores, encontraram resultados semelhantes ao analisarem séries de precipitação e de temperatura.

**Figura 8** - Série original de média mensal de consumo de água das economias residenciais de Uberlândia - MG, no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2015.

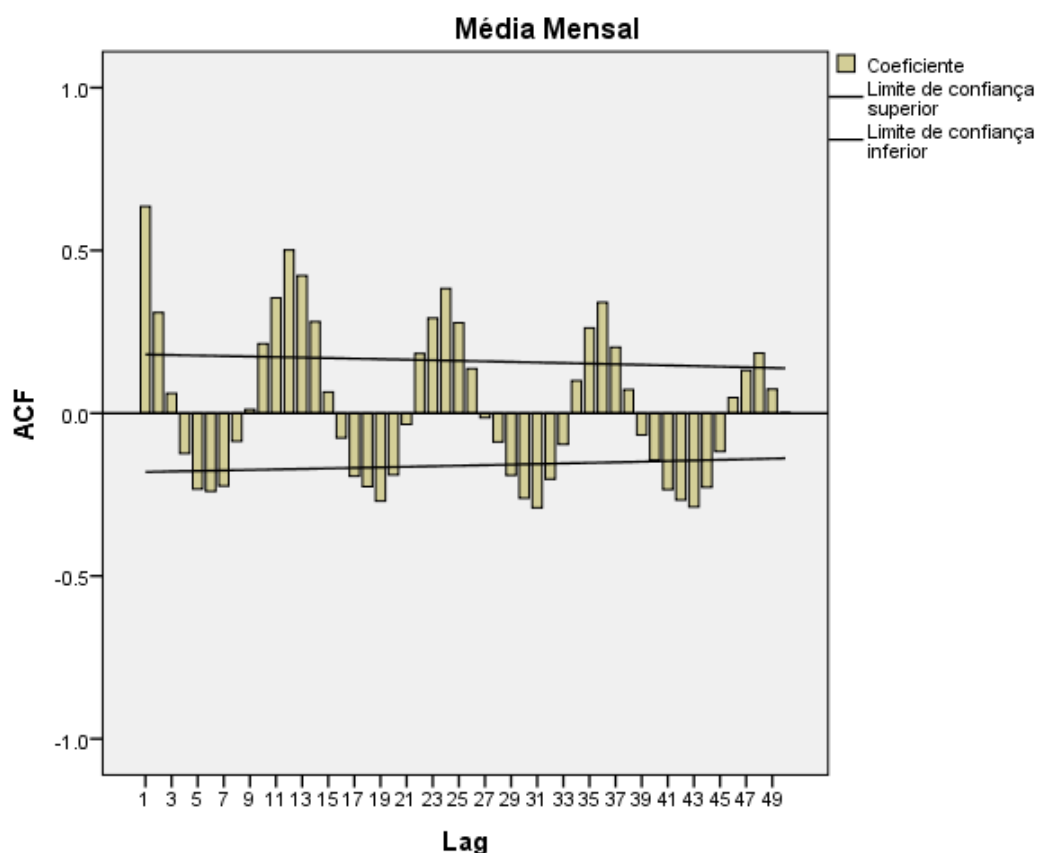


Fonte: a autora.

A análise da função de autocorrelação da série de médias mensal de consumo de água das economias residenciais da cidade de Uberlândia - MG, apresentada na figura 9 indica a existência de picos nos “lags” múltiplos de 12, sendo um indicativo de uma série com presença de sazonalidade anual.

A partir desses resultados, é possível inferir que o efeito dos anos não foi significativo, o que indica a ausência de tendência, por outro lado é possível notar a presença de sazonalidade devido a significância dos meses.

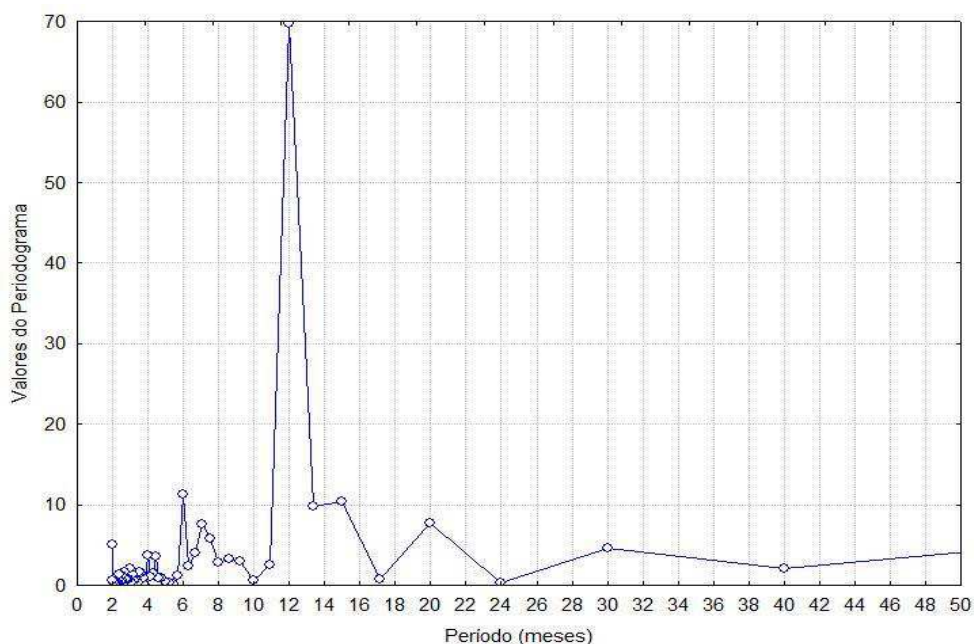
**Figura 9** - Função Autocorrelação (ACF) dos dados de consumo de água das economias residenciais de Uberlândia - MG.



**Fonte:** a autora.

Analisando o periodograma (figura 10) é possível notar a existência de apenas um período de sazonalidade, pois a maior componente da série original possui um período de ordem 12, reforçando a presença de sazonalidade anual, ou seja, picos de consumos ocorrem de forma semelhante a cada doze meses.

**Figura 10** - Periodograma dos dados de consumo de água das economias residenciais de Uberlândia - MG.



**Fonte:** a autora.

Baseado nas análises realizadas no software SPSS, a série em questão, melhor se adequa ao modelo Sazonal Simples, não possuindo outliers e possui coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,601. Esse coeficiente indica que o modelo sazonal simples, que leva em consideração os fatores de nível da série e de sazonalidade, é capaz de explicar 60,1% das variações do consumo médio por ligação residencial na cidade, os demais 39,9% são as variações aleatórias que podem estar associadas, entre outros fatores, ao clima, as campanhas de conscientização e erros de obtenção das informações.

Sabendo que houve 39,9% de variações aleatórias, foram realizadas análises investigativas de suas possíveis causas. Na figura 8 é possível visualizar que no ano de 2015 ocorreu redução no consumo de água. Para a verificação de possíveis causas dessa redução no consumo foram realizadas análise preliminares que constataram que o ano de 2014 foi um ano atípico no que diz respeito as precipitações, como representado na tabela 3, o que pode ter influenciado os dados de consumo de água na cidade de Uberlândia. Nota-se que a precipitação anual desse ano ficou aquém do valor esperado anualmente para a cidade que é em torno de 1500 a 1600 mm.

**Tabela 3** - Dados de precipitações mensais (mm) da cidade de Uberlândia no período de 2012 a 2015, com base nos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

<b>Meses</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Janeiro</b>	240	388	112	66
<b>Fevereiro</b>	225	204	120	205
<b>Março</b>	163	167	121	346
<b>Abril</b>	124	118	99	74
<b>Maio</b>	55	161	14	49
<b>Junho</b>	46	4	0	25
<b>Julho</b>	19	0	75	8
<b>Agosto</b>	0	7	2	0
<b>Setembro</b>	31	33	18	46
<b>Outubro</b>	109	145	70	113
<b>Novembro</b>	224	124	340	361
<b>Dezembro</b>	174	381	223	170
<b>TOTAL</b>	<b>1410</b>	<b>1732</b>	<b>1194</b>	<b>1463</b>

Fonte: a autora.

Compreendendo que houve uma estiagem no ano de 2014, foi averiguado o que a falta de precipitação acarretou nos resultados. Portanto, houve um anúncio do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) e divulgado pelo G1 (2014), que a estiagem na Estação do Sucupira, principal fonte de captação da cidade, refletiu na diminuição da vazão provocando redução de 25% do abastecimento de água, consequentemente houve uma diminuição do consumo. Essa redução no consumo se deu também em função de campanhas educativas divulgadas pela mídia.

A tabela 4 exibe os parâmetros que compõem a equação usada para calcular as estimativas e elaborar as previsões, sendo que o modelo mais adequado foi o Sazonal simples. Esses parâmetros representam o nível como estando associado ao consumo médio ao longo do tempo e a sazonalidade visando explicar a variação anual do consumo.

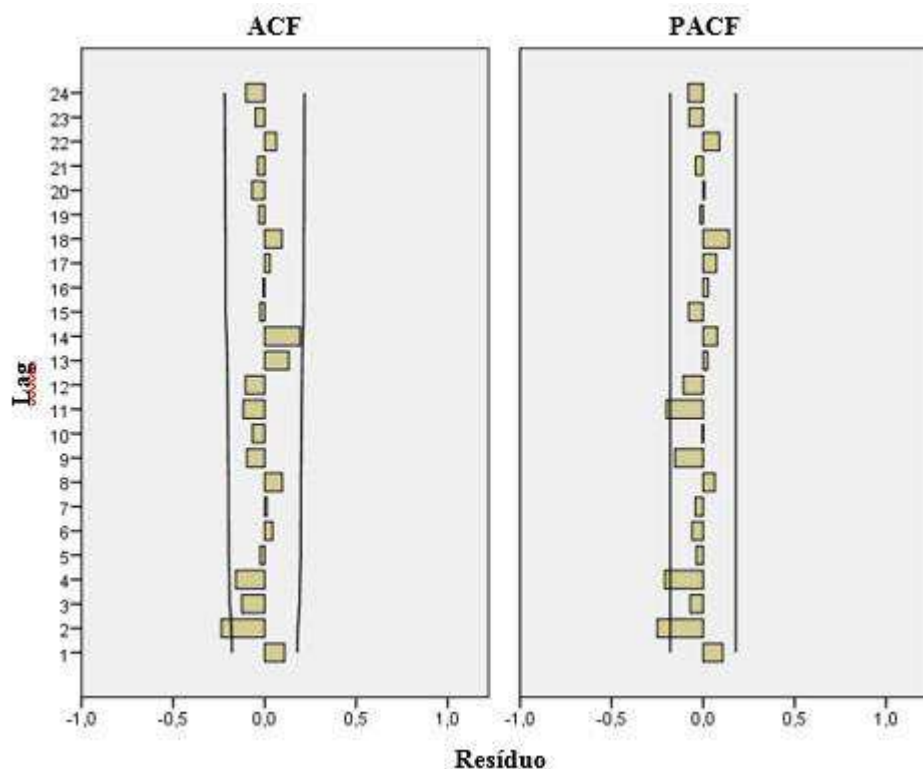
**Tabela 4** - Estatística do modelo Sazonal Simples consumo de água das economias residenciais de Uberlândia - MG.

<b>Parâmetro</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Nível (<math>\alpha</math>)</b>	0,6	0,86
<b>Sazonalidade (<math>\delta</math>)</b>	0,000001886	0,147

Fonte: a autora.

Na figura 11 são apresentadas as funções autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos, que são funções que avaliam a qualidade do ajuste dos dados ao modelo teórico. Além disso, é possível observar que a maior parte dos resíduos do modelo encontra-se dentro do intervalo de confiança das autocorrelações, isso indica que o modelo sazonal simples foi eficiente em descrever a autocorrelação dos dados.

**Figura 11** - Função Autocorrelação (ACF) e Função Autocorrelação Parcial (PACF) dos resíduos do consumo de água das economias residenciais de Uberlândia - MG.



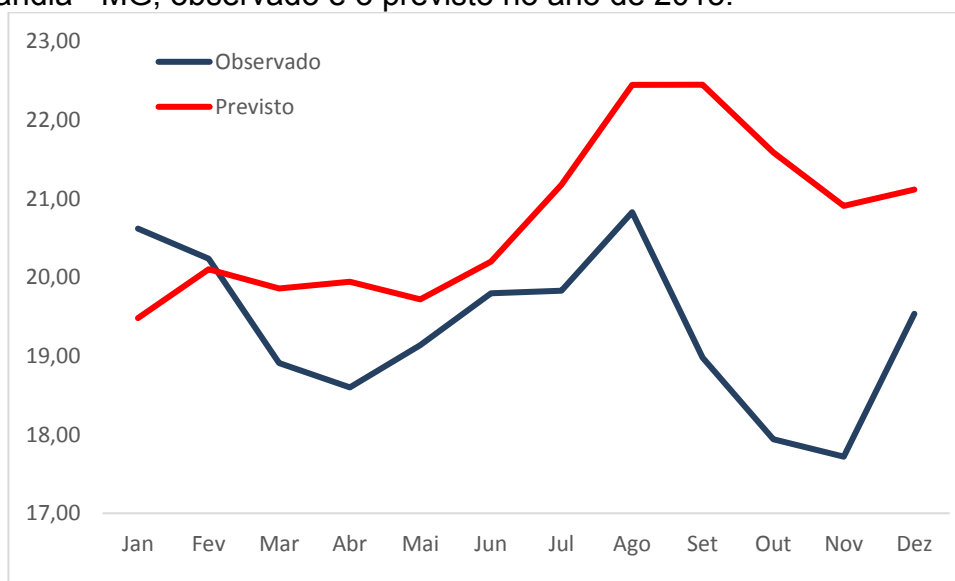
**Fonte:** a autora.

De maneira geral o modelo sazonal simples se mostrou eficiente para a descrição e para as previsões de consumo por ligação residencial na cidade de Uberlândia, entretanto, para verificar a eficácia do modelo nas previsões, foi realizado o cálculo do erro absoluto médio e do erro relativo médio, onde constatou que o modelo até 2014, prevendo 2015, o erro absoluto médio foi de 1,08 m<sup>3</sup> e esse valor representou erro relativo de 0,063 (6,3%).

A visualização das diferenças entre as previsões realizadas pelo modelo de séries temporais com o valor efetivamente realizado é apresentada na figura 12, onde a linha azul refere aos dados observados e a linha vermelha os dados

previstos com base no modelo. Neste gráfico, observa-se que na maior parte do ano de 2015 o valor previsto está acima do valor observado, este fato pode estar associado á estiagem na região supracitada, ou seja, a seca ocorrida em 2014 influenciou diretamente o consumo médio por ligação em 2015 e como o modelo estatístico é baseado na série histórica, esse efeito de 2014 foi diluído no modelo, fazendo com que a previsão em 2015 fosse superior ao realizado.

**Figura 12** - Relação entre o consumo de água das economias residenciais de Uberlândia - MG, observado e o previsto no ano de 2015.

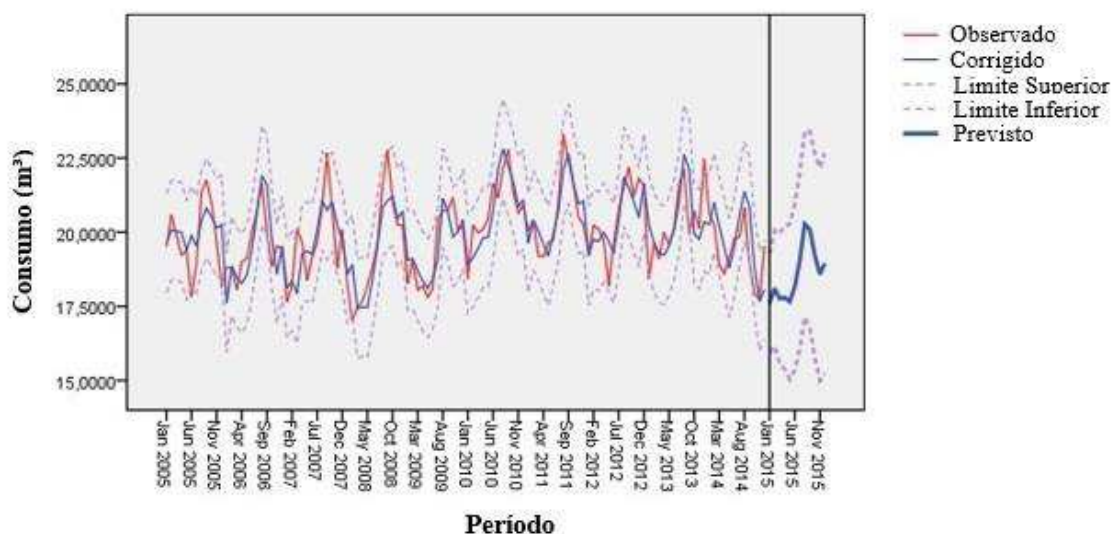


**Fonte:** a autora.

A figura 13 representa a série de consumo médio por ligação residencial observada, ajustada e a previsão para 2015. Sendo possível observar que o modelo se adere relativamente bem aos dados observados e que o mesmo foi capaz de prever o consumo de 2015.



**Figura 13** - Previsão de média mensal de consumo de água das economias residenciais da cidade de Uberlândia - MG.



**Fonte:** a autora.

Pode-se notar ainda na figura 13 que, no final de 2015, com as chuvas mais regulares e a tendência de regularização dos reservatórios, o consumo voltou a crescer e o consumo estimado ficou próximo do realizado. Logo, é possível afirmar que o método de séries temporais é promissor para analisar o consumo de água das economias residenciais na cidade de Uberlândia, MG.

Deve-se ainda ressaltar que o modelo proposto se baseou no consumo por ligação residencial que não indicou tendência de crescimento, entretanto, com o crescimento da população ocorre também aumento das ligações e consequentemente aumento do consumo total na cidade.

## 6 CONCLUSÃO

Com base na série de consumo de água das economias residenciais na cidade de Uberlândia - MG, o modelo que melhor se adéqua é o Sazonal Simples, não apresentando tendência mas apresentou uma periodicidade de ordem 12, que é correspondente a uma sazonalidade de 12 meses.

Em relação a autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos nota-se que a maior parte dos resíduos do modelo encontra-se dentro do intervalo de confiança das autocorrelações, indicando a eficiência do modelo sazonal simples na descrição da autocorrelação dos dados.

No que se refere as variações aleatórias, é possível afirmar que a estiagem ocorrida no ano de 2014 bem como as campanhas de redução de consumo influenciaram o consumo médio por ligação residencial em 2015 e como o modelo estatístico é baseado na série histórica, esse efeito de 2014 foi diluído no modelo, fazendo com que a previsão em 2015 fosse superior ao realizado.

Portanto, ficou claro neste trabalho que os modelos de séries temporais podem ser utilizados para prever o consumo de água por ligação residencial na cidade de Uberlândia - MG.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília: **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 3, p.565-576, 2015. Instituto Evandro Chagas. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742015000300024>.
- CARNEIRO FILHO, N. V. et. al. **Estudo populacional de uberlândia (mg), 1996-2006**. 2008. Disponível em: <<https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/seg/cd2008/PDF/SA08-20801.PDF>>. Acesso em: 22 fev. 2016.
- CARVALHO, W. S. et. al. Consumo e perda de água potável na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Produção e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro: RPD, v. 1, n. 3, p.80-89, set. 2015. Disponível em: <<http://reletrônica.cefet-rj.br/index.php/producaoedesarvimento/article/view/111/109>>. Acesso em: 20 jul. 2016.
- FIETZ, H. M. **O ensino de estatística por meio de uma atividade de modelagem matemática**. 2011. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Matemática, Departamento de Matemática Pura e Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31675/000784065.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- G1 (Uberlândia). **Estiagem faz nível de reservatório de Uberlândia baixar e estado é de alerta**. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2014/10/estiagem-faz-nivel-de-reservatorio-de-uberlandia-baixar-e-estado-e-de-alerta.html>>. Acesso em: 06 jan. 2016.
- IBGE. **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em: 26 dez. 2016.
- IBGE. **Minas Gerais: Uberlândia**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317020&search=minas-gerais|uberlandia>>. Acesso em: 26 dez. 2016.
- IBM Corp. **Released 2011**. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- MELO, N. A.; SALLA, M. R.; OLIVEIRA, F. R. G. Percepções e avaliações do consumo de água em escolas públicas da mesorregião geográfica Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG). **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria: RMA, v. 13, n. 4, p.3599-3609, 02 jul. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14271/pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

MENDES, P.C. **A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG)**. 2001. 237 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MIGON, H. **Análise de séries temporais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. Disponível em: <<http://acd.ufrj.br/~dani/pdf/slidespartefrequentista.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

MORAES, A. S.; MORAES, A. O. **Racionalização do uso de água em instituições de ensino superior**: estudo de caso do sistema de destilação da escola de engenharia da UFF. 2015. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química Oferecido Pelo Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: <[http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/1602/1/PROJETO\\_FINAL\\_Alanna\\_e\\_Anelize.pdf](http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/1602/1/PROJETO_FINAL_Alanna_e_Anelize.pdf)>. Acesso em: 25 mai. 2016.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. de C. **Séries temporais**. São Paulo: Atual, 2005, 420 p.

PACHECO, I. S. et. al. Educação ambiental sobre a relevância da água nas ações cotidianas: uma estratégia para conscientização ambiental de alunos da escola municipal tenda dos morenos, Uberlândia-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 14., 2016, Brasília. **Anais...** Brasília: SBEA, 2016. p. 134 - 141.

SILVA, D. L. **Avaliação da campanha de disputa de condomínio na redução do consumo de água**. 2014. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.

SILVA, E.M. (2013) **A cidade e o clima**: impactos das precipitações concentradas s tendências climáticas em Uberlândia - MG. 2013. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: RBEAA, v. 12, n. 5, p.480-485, out. 2008.

SILVA, M.; SANTANA, C. G. Reuso de Água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Revista do Ceds**, São Luís: RCeds, n. 1, p.1-14, ago. 2014. Disponível em: <Disponível em: <http://www.undb.edu.br/ceds/revistadoceds>>. Acesso em: 18 out. 2016.