



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL – UAEC

RAISSA GOMES PAULO

ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA A PARTIR DE CENÁRIOS DE USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO

Campina Grande
2019

RAISSA GOMES PAULO

ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA A PARTIR DE CENÁRIOS DE USO E OCUPAÇÃO
DO SOLO URBANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Campina Grande como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora:

Profa. Iana Alexandra Alves Rufino

CAMPINA GRANDE – PB

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAISSA GOMES PAULO

ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA A PARTIR DE CENÁRIOS DE USO E OCUPAÇÃO
DO SOLO URBANO

Profa. Iana Alexandra Alves Rufino – Orientadora

Prof. Janiro Costa Rego – Examinador interno

Profa. Maria José de Sousa Cordão – Examinador externo

CAMPINA GRANDE – PB

2019

Aos meus pais, por todo incentivo, dedico.

Agradecimentos

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida e não me desamparar nos momentos que necessitei.

O meu muito obrigada a toda a minha família. Aos meus pais, Fátima e João Paulo, e ao meu irmão Rafael, que foram o meu apoio e alicerce nesta jornada. Em especial, minha mãe, que sempre me ensinou a correr atrás dos meus objetivos e dos meus ideais. Sem vocês não teria conseguido.

Às minhas avós, D. Dora e D. Irene, por todas as lições e ensinamentos diários, e por me darem o exemplo de mulheres batalhadoras.

Às minhas amigas, Débora Evelyn e Amanda Ramalho (e agora Jonas Gabriel, meu sobrinho mais novo), que se fizeram presentes em todos os momentos, desde a escola até a universidade, mesmo estando distantes.

Ao meu namorado, Jordan Isidro, por todo apoio, incentivo, dedicação, cuidado e por ser o meu porto seguro nos momentos mais difíceis desta jornada. Amo você!

A minha amiga, Sarah Suelen, companheira desta estrada que é a universidade. Obrigada por todos os ensinamentos e por ser meu incentivo de melhorar a cada dia, sem mesmo você perceber.

A minha professora e orientadora, Iana Alexandra, por todos os conhecimentos transmitidos e por acreditar em mim até o fim deste trabalho.

Àqueles que me ajudaram na construção e concretização desse sonho, o meu *muito obrigada!*

*“Bom mesmo é ir à luta com determinação,
abraçar a vida com paixão, perder com classe
e vencer com ousadia, porque o mundo
pertence a quem se atreve.”*

(C. Chaplin)

RESUMO

O crescimento acelerado das cidades associado à ausência de planejamento urbano sensível aos recursos hídricos pode acarretar inúmeros impactos nos serviços de infraestrutura, especialmente nos sistemas de abastecimento de água. Diante disso, a geração de cenários futuros com finalidade de se obter uma estimativa do crescimento de demanda de água ao longo dos anos é essencial para um eficiente planejamento urbano e pode auxiliar no desenvolvimento de planos que possibilitem a indicação de diretrizes mais adequadas ao meio urbano. Nesse sentido, neste trabalho foi realizada uma estimativa da demanda futura de água do bairro Itararé, localizado no município de Campina Grande, através de dados do uso e ocupação do solo atual e mais quatro cenários futuros produzidos por meio da demanda de água estimada para a projeção populacional do bairro em Curto prazo, $t=5$ anos; e Médio prazo, $t=10$ anos. Para tal, fez-se uso de geotecnologias, como o *software* QGIS, a fim de gerar a espacialização atual do consumo de água no bairro e da plataforma de visualização *Google Earth Pro* que auxiliou no estudo da evolução de área construída. A análise temporal da ocupação da área de estudo mostrou grande expansão de área construída no período de 2005 a 2018 e a estimativa da demanda de água para os cenários futuros apresentou um crescimento de 11% no consumo de água entre os cenários de curto e médio prazos. Em comparação com a demanda atual de água, os cenários futuros previstos através da projeção populacional do bairro pelo método *AiBi* indicaram que o bairro Itararé já se encontra com uma demanda de água superior a projetada para 5 anos, evidenciando a mudança na dinâmica de crescimento do bairro ao longo dos anos.

Palavras chave: Planejamento urbano, expansão urbana, consumo de água, uso e ocupação do solo, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The accelerated growth of cities associated with the absence of urban planning sensitive to water resources can lead to numerous impacts on infrastructure services, especially in water supply systems. Therefore, the generation of future scenarios to obtain an estimate of the increase of water demand over the years is essential for an efficient urban planning, and can help in the development of plans that make it possible to indicate guidelines that are more appropriate to the environment urban. Thereby, the objective of this work was to estimate the future water demand of the Itararé district, located in the city of Campina Grande, using current land use and occupation data, and four future scenarios produced through water consumption estimated for the population projection of the neighborhood in the short term, $t = 5$ years; and Medium term, $t = 10$ years. For this purpose, geotechnologies, such as QGIS software, were used to generate the current spatial consumption of water in the neighborhood and the Google Earth Pro visualization platform that assisted in the study of the evolution of the built area. The temporal analysis of the occupation of the study area showed a great rise of the built area in the period from 2005 to 2018 and the estimation of water demand for the future scenarios presented an 11% increase in water consumption between the short, and medium term. In comparison to current water demand, the future scenarios predicted through the population projection of the neighborhood by the *AiBi* method indicated that the Itararé neighborhood already has a demand for water higher than that projected for 5 years, evidencing the change in the growth dynamics of the neighborhood over the years.

Keywords: Urban Planning, Urban Expansion, Water Consumption, Land use and Occupation, Geographic Information System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do processo de urbanização desarticulado aos recursos hídricos.....	6
Figura 2. Localização geográfica do município de Campina Grande	15
Figura 3. Localização geográfica do bairro Itararé	16
Figura 4. Zoneamento de Campina Grande	17
Figura 5. Crescimento populacional por bairros entre 2000 e 2010.....	17
Figura 6. Lotes cadastrados do bairro Itararé.....	18
Figura 7. Valores médios de consumo de água por categoria e tipo de estabelecimento.....	20
Figura 8. Diagrama esquemático com as etapas metodológicas.....	21
Figura 9. Expansão de área urbana construída no bairro Itararé.....	22
Figura 10. Edifícios de pequeno porte situados no bairro Itararé.....	23
Figura 11. Mapa de Uso e Ocupação do solo no bairro Itararé em 2019.....	24
Figura 12. Espacialização do consumo atual (2019) de água no bairro Itararé.....	26
Figura 13. Demanda de água futura com e sem mecanismos poupadores de água...29	
Figura 14. Estimativas Populacionais para o município de Campina Grande, sua área urbana e rural e 6 regiões selecionadas que formam a área urbana.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de lotes referente ao mapa de Uso e Ocupação do solo no bairro Itararé.....	25
Tabela 2. Estimativa de consumo de água por Uso do solo no bairro Itararé.....	27
Tabela 3. Coeficientes A_i e B_i utilizados na projeção populacional do bairro Itararé	28
Tabela 4. Projeções populacionais do bairro Itararé, Campina Grande – PB.....	28
Tabela 5. Demanda de água estimada para o bairro Itararé, Campina Grande – PB, sem utilização de mecanismos poupadores de água.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1. Desenvolvimento e expansão urbana.....	4
3.2. Cidades Sensíveis à água.....	5
3.3. Sistema de Informação Geográfica.....	7
3.4. Demanda e consumo de água.....	8
3.4.1. Métodos de estimativa de consumo.....	8
3.4.2. Projeção populacional e estimativas de demandas de água.....	10
4. METODOLOGIA.....	14
4.1. Caracterização da área de estudo.....	14
4.1.1. A cidade de Campina Grande.....	14
4.1.2. O Bairro do Itararé.....	15
4.2. Coleta de dados.....	18
4.3. Estimativa de consumo de água.....	19
4.4. Cenarização para a demanda de água futura na região.....	20
4.4.1. Cenário Atual.....	20
4.4.2. Cenários Futuro I e Futuro II.....	21
4.4.3. Cenários Futuro III e Futuro IV.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1. Expansão Urbana.....	22
5.2. Uso e ocupação do solo.....	23
5.3. Estimativa do consumo atual de água e demanda futura.....	25
5.3.1. Cenário Atual.....	25
5.3.2. Cenários Futuros I e Futuro II.....	27
5.3.3. Cenários Futuros III e Futuro IV.....	28
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXO.....	35

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano, apesar de ser um indicador de desenvolvimento das cidades, é um problema que afeta diversos centros brasileiros. A expansão desordenada desses municípios acarreta a ineficiência da infraestrutura dessas cidades, que não consegue acompanhar o avanço de áreas ocupadas, em especial nas periferias.

No século XX, o Brasil passou por um intenso processo de urbanização e, segundo Carmo (2014), o volume populacional e a concentração da população residindo nas cidades ainda tende a crescer nas próximas décadas.

A cidade de Campina Grande, por exemplo, situada no agreste do estado da Paraíba, apresentou acelerado desenvolvimento social, econômico e urbano nas primeiras décadas do século passado. Esse crescimento foi ocasionado pela impulsão da economia algodoeira no estado e pelo papel do município como entreposto exportador do produto (PEREIRA, 2016).

Atualmente, a constante expansão do município campinense deve-se a sua importância como polo educacional, cultural e industrial da região, além da influência política e econômica sobre as cidades circunvizinhas, atraindo uma população fixa e também a flutuante. Segundo o IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2010 a população de Campina Grande era de 385.213 habitantes e a estimada para o ano de 2018 foi de 407.472 habitantes, estabelecendo um crescimento de aproximadamente 0,75% ao ano.

De acordo com Araújo (2011), o planejamento urbano, se não bem estruturado e empreendido, causa graves problemas aos serviços de infraestrutura da cidade, entre eles: o sistema viário, a rede de drenagem pluvial, o sistema de esgotamento sanitário e, principalmente, o sistema de distribuição de água.

Diante da crescente demanda da água dos mananciais do mundo todo, proporcionada pela alta taxa de crescimento populacional urbano e também devido ao aumento de consumo de água per capita nas cidades, o conceito de “Cidades sensíveis à água” tem ganhado muita força e alcance. Segundo Jambo (2017), o termo WSUD (*Water Sensitive Urban Design*) foi referenciado inicialmente nos anos 1990 na Austrália como uma nova forma de planejamento urbano e gestão das águas. Conforme o conceito australiano, as cidades sensíveis à água integram o planejamento urbano com o meio ambiente natural no qual estão inseridas, formando cidades mais resilientes e sensíveis em relação aos recursos hídricos.

Entretanto, o planejamento urbano associado aos recursos hídricos ainda não é uma realidade brasileira. Além disso, a maioria das cidades possui abastecimentos de água centralizados e dependem de apenas uma fonte hídrica externa aos seus limites, como é o caso de Campina Grande abastecida pelo Açude Epitácio Pessoa/Boqueirão.

A situação da cidade campinense é ainda agravada devido à sua localidade no semiárido brasileiro, o qual possui característica própria de recorrentes históricos de estiagens prolongadas. De acordo com GALVÃO et al. (2014):

[...] a oferta de água depende exclusivamente da reposição dos estoques hídricos dos reservatórios superficiais durante o curto período chuvoso anual, com duração de dois a seis meses. Recentemente, vários sistemas de abastecimento entraram em colapso ou foram submetidos a severo racionamento, [...]

Diante do risco de um colapso do fornecimento de água para a região do município de Campina Grande e cidades circunvizinhas causado pelo período de estiagem recente, medidas estruturais foram tomadas, tais como a transposição do Rio São Francisco até o reservatório que abastece esses municípios. Contudo, a captação de água centralizada para o abastecimento através do Açude de Boqueirão não impossibilitou que outra crise, embora breve, se instalasse na região ao ter a estação de tratamento de água danificada no primeiro semestre de 2019.

Assim, é de fundamental importância a gestão da demanda das águas no contexto urbano a partir da estimativa do consumo de água futuros para uma região. À vista disso, este trabalho tem como objetivo a estimativa do consumo futuro de água no bairro do Itararé, situado na zona sul da cidade de Campina Grande – PB, com base na tendência de crescimento da localidade.

A escolha do bairro Itararé como caso de estudo se deu em virtude do mesmo apresentar um crescimento populacional significativo nos últimos anos devido à valorização imobiliária da região com o estabelecimento de instituições particulares de ensino, além de ser localização estratégica para a instalação de indústrias por estar circundado a vias de acesso importantes e de escoamento de mercadorias.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Realizar uma estimativa da demanda futura de água fundamentada nos padrões de uso e ocupação do solo e na tendência de crescimento do bairro do Itararé, localizado no município de Campina Grande.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a expansão urbana no bairro do Itararé através de análises espaciais em ambiente SIG;
- Obter cenários de uso e ocupação do solo, a partir de dados observados em campo e plataformas online de visualização de dados espaciais para datas de observação específicas;
- Investigar metodologias de cenarização compatíveis com a área de estudo de forma a estabelecer uma relação entre crescimento de área construída e aumento da demanda de água;
- Estimar a demanda de água para o cenário atual estabelecido e para cenários futuros escolhido.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Desenvolvimento e expansão urbana

O crescimento das cidades é, atualmente, objeto de estudo para auxiliar no planejamento e gestão dos centros urbanos brasileiros. São nesses centros que concentram-se a maior parte da população e a atividade econômica da região, seja de comércio, serviços ou indústria.

Em Campina Grande, o desenvolvimento do município e consequente expansão urbana foi fundamentado na atividade comercial, inicialmente no algodão e, posteriormente, no comércio de produtos ainda na primeira metade do século XX. A consolidação da indústria campinense se deu apenas no início da segunda metade do século passado, no qual implicou a criação de instituições e a transformação das infraestruturas necessárias à expansão do setor (PEREIRA, 2016).

Em seu livro, Pereira ainda diz:

Nesse período, implantou-se: um distrito industrial com infraestrutura de água, energia e comunicações, que permitiu a instalação e o funcionamento das novas empresas; companhias municipais de água, energia e comunicações; quatro estabelecimentos educacionais com cursos superiores; e uma escola técnica (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI) [...], além de uma série de outras instituições e estruturas físicas que transformaram o espaço urbano, alterando gradualmente a ênfase comercial e suscitando estrutura industrial significativa para o estado e para região.

Contudo, Ojima (2006) acredita que a expansão dos centros urbanos pode acarretar, a longo prazo, um conjunto de fatores associados aos impactos que o padrão de ocupação das áreas urbanas pode trazer, sendo eles desde os aspectos estéticos até impactos nos gastos públicos, nos aspectos sociais e nos aspectos ambientais. Dentre os impactos ambientais, é importante ressaltar a poluição da água e do ar, o surgimento de ilhas de calor, mudança nos regimes de precipitação, aumento de áreas alagáveis e alterações na incidência de doenças com problemas de saúde associados.

A deficiência no planejamento urbano é uma situação bastante comum no Brasil, assim como na cidade de Campina Grande. O crescimento populacional e a

expansão urbana, que geralmente ocorrem simultaneamente, podem gerar impactos como visto anteriormente, sobretudo na sobrecarga dos sistemas de abastecimento dos centros urbanos devido o aumento da demanda de água e também da necessidade de expansão da rede de distribuição para as áreas periféricas.

À vista disso, cabe aos gestores municipais acompanharem o desenvolvimento dos centros urbanos, direcionando e planejando a curto e longo prazo medidas de administração para a expansão urbana, bem como dos gestores de companhias responsáveis pela infraestrutura da cidade.

3.2. Cidades Sensíveis à água

O conceito de Cidades Sensíveis à Água surgiu inicialmente na Austrália a partir do WSUD (*Water Sensitive Urban Design*) com o objetivo de integrar o planejamento urbano ao meio ambiente em que essas cidades estão inseridas, especialmente no tocante aos recursos hídricos. O propósito é que essas cidades minimizem a importação de recursos além de seus limites, no caso a água, e façam uso de forma otimizada e eficiente, diminuindo também a exportação do resíduo gerado.

Para tal,

[...] são criados sistemas que, ao mesmo tempo em que possibilitam segurança quanto ao abastecimento e contra enchentes e alagamentos, também proporcionam ambientes integrados à estética paisagística, oferecendo, portanto, bem-estar à população. (JAMBO, 2017)

A motivação para esse projeto australiano é a desarticulação do planejamento urbano às questões ambientais gerada pelas rápidas transformações no uso e ocupação do solo, do crescimento desordenado populacional e da demanda aos recursos provenientes das áreas externas aos limites das cidades (MARINHO, 2018).

Para Marinho (2018) e Baptista e Cardoso (2013), a urbanização descontrolada pode acarretar efeitos negativos nos balanços hídricos devido às altas taxas de impermeabilização, além da crescente demanda de água e geração de efluentes, como pode ser observado no esquema da figura 1.

3.3. Sistema de Informação Geográfica

O encaminhamento e as diretrizes para uma sociedade com ações sustentáveis necessitam do diagnóstico do espaço geográfico, analisando-se as suas potencialidades e fragilidades. À vista disso, o geoprocessamento aplicado às questões ambientais torna-se uma importante ferramenta de gestão que é capaz de auxiliar os gestores e governantes, de forma a direcionar as tomadas de decisões para o planejamento ambiental e a sua execução. (FERREIRA et al., 2016)

Para Ferreira et al. (2016), o mundo vive hoje um modelo predatório de apropriação do espaço geográfico, onde a remoção da cobertura vegetal original para o processo de ocupação e urbanização das cidades, a movimentação de terra para abertura de vias, arruamentos e instalação de infraestruturas, se desenvolvida sem o controle ambiental das obras, poderá levar à degradação dos recursos hídricos.

Silva (2011) também concorda quando diz que “Os fenômenos contemporâneos relacionados a um modelo de desenvolvimento econômico predatório podem ser sentidos e vistos tanto no meio urbano como no meio rural.”

Diante disso, é importante que haja um planejamento claro e eficiente para o ordenamento territorial à luz das potencialidades naturais de cada ambiente, preservando ou minimizando as interferências nos processos hidrológicos do meio, especialmente.

A aplicação de Sistemas de Informação Geográfica para o estudo de questões ambientais é subsidiada pelas vantagens que os softwares de SIG fornecem. Com o advento de satélites de alta resolução e de técnicas de fotogrametria digital, as imagens de satélite e aerotransportadas estão se tornando cada vez mais úteis para análises ambientais e cadastrais. Em ambiente SIG, é possível realizar o tratamento digital das imagens, fazer a integração de dados, gerenciamento e conversão entre projeções cartográficas, modelagem numérica de terreno, processamento de imagens e geração de cartas. E ainda, permitir às Prefeituras a realização do cadastro urbano e rural com a possibilidade de consulta a bancos de dados espaciais.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com a utilização de SIGs para a análise da expansão urbana e os efeitos que a urbanização vem causando ao longo do tempo. Pinheiro (2018) delimitou a área de preservação permanente no Rio do Canto localizado no município de Areia-PB com aplicação de Sistema de Informação Geográfica, a fim de abordar a importância dos estudos hidrológicos relacionando

planejamento de uso e ocupação do solo para um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Ferreira et al. (2016) estudou a fragilidade ambiental para uma bacia hidrográfica em São Paulo, de forma a auxiliar o planejamento ambiental e subsidiar o ordenamento territorial da região. Já Jhon et al. (2014), analisou as áreas mais propensas e aptas para a expansão urbana em Tovar, Venezuela.

3.4. Demanda e consumo de água

Diante do crescimento inevitável da população urbana e da consequente expansão de áreas urbanizadas, principalmente nas cidades de médio e grande porte, a demanda de água é um dos principais elementos a serem afetados.

A estimativa da demanda de água, tanto atual como futura para um horizonte é fundamental para o planejamento da expansão territorial, bem como do gerenciamento da rede de distribuição para o abastecimento urbano. E ainda, o conhecimento da demanda de água fornece subsídio para o investimento em inovações, de modo a promover a diminuição do consumo de água nas residências e demais usos do solo.

3.4.1. Métodos de estimativa de consumo

Segundo Heller (2006), “o valor do consumo per capita é crucial para a determinação das capacidades das várias unidades de uma instalação de abastecimento de água.”

Pode-se chegar ao valor de consumo per capita através da equação 1 abaixo:

$$qpc = \frac{\text{média anual consumida por uma dada população (m}^3\text{)} \times 1000}{\text{população abastecida (hab)}} \quad (1)$$

Porém, esse consumo per capita pode ser diferenciado a partir da classe de uso do solo, como uso doméstico, comercial, público e industrial, a depender do subgrupo em que se divide.

Desse modo, Heller (2006) e Tsutiya (2006) classificam os consumos urbanos em:

- Doméstico: o uso da água referente à ingestão, atividades higiênicas e de limpeza, ao preparo de alimentos e outros usos. Esse tipo de consumo pode ainda variar de acordo com as características físicas da região em que essas habitações estão localizadas, além da renda e das características culturais da comunidade em que estão inseridas;
- Comercial: inclui as demandas de água por hotéis, bares, restaurante, escolas, hospitais, postos de gasolina e oficinas mecânicas;
- Público: relaciona-se à manutenção de parques e jardins, monumentos, aeroportos, terminais rodoviários, limpeza de vias, além do abastecimento dos próprios prédios públicos;
- Industrial: nessa categoria o consumo varia com as diversas tipologias industriais, podendo ocorrer como matéria-prima, na limpeza, no resfriamento, cozinhas e refeitórios.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande (PMSB), Prognósticos e Alternativas para a Universalização dos Serviços de Saneamento Básico (CAMPINA GRANDE, 2014), o consumo per capita de água estimado no município era de 200l/hab.dia (dado fornecido pela concessionária de água da Paraíba – CAGEPA), cujas perdas no sistema de abastecimento já estão incluídas.

Contudo, a diminuição da taxa de perda de água no sistema é uma meta a ser alcançada e devido a isso, foi utilizado um índice de consumo efetivo médio per capita de *140litros/hab.dia* na etapa de prognóstico do documento. Levando ainda em consideração o aumento da renda da população em horizontes estudados, por conseguinte foram estabelecidos consumos per capita de *145litros/hab.dia* e *150litros/hab.dia* para horizontes de médio e longo prazos, respectivamente.

No estado do Ceará, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) considerou as demandas de água divididas em demandas humanas urbanas concentradas e difusas, além das demandas rurais. Conforme o plano, as demandas variaram de acordo com a população da região, da seguinte forma (CEARÁ, 2005):

- 150L/dia para populações menores que 2.000 habitantes;
- 175L/dia para populações entre 2.000 e 100.000 habitantes;
- 200 L/dia para populações maiores que 100.000 habitantes;

- Demanda rural com consumo per capita igual a 100L/dia.

Outra abordagem de estimativa de consumo de água é a citada pelo Plano de gerenciamento das águas das bacias metropolitanas do Ceará (FORTALEZA, 2014). Também considerou a variação populacional, porém com as seguintes determinações para a demanda de água humana:

- 145L/dia para populações menores que 5.000 habitantes;
- 158L/dia para populações entre 5.000 e 20.000 habitantes;
- 172 L/dia para populações entre 20.000 e 100.000 habitantes;
- 230 L/dia para populações maiores que 100.000 habitantes.

Contudo, a metodologia utilizada no diagnóstico do abastecimento de água da cidade de Fortaleza em 2014, foi a desenvolvida pelo Plano Diretor de Abastecimento de Água Integrado de Fortaleza , PDAA (FORTALEZA, 2010), visando a avaliação da demanda de água. Levando em consideração a renda familiar e os índices de perda no abastecimento, o PDAA estimou as seguintes faixas de consumo de água:

- Domicílios com renda até 2 salários mínimos: 100L/hab*dia;
- Domicílios com renda de 2 a 5 salários mínimos: 125L/hab*dia;
- Domicílios com renda de 5 a 10 salários mínimos: 145L/hab*dia;
- Domicílios com renda maior que 10 salários mínimos: 175L/hab*dia.

3.4.2. Projeção populacional e estimativas de demandas de água

A estimativa da demanda de água em um sistema de abastecimento para um horizonte de tempo, também leva em consideração a projeção populacional de determinada região em alcance de anos estipulados. Essa previsão é, geralmente, subsidiada pela tendência de crescimento da população ao longo dos anos e das necessidades urbanas, considerando o desenvolvimento da região.

Segundo Gomes (2009), “os métodos empregados para a estimativa de crescimento populacional de um determinado núcleo urbano são fundamentados em dados estatísticos anteriores à época da elaboração do projeto”.

A abordagem geral para o estudo do crescimento de uma comunidade é expressa pela equação 2:

$$P = P_0 + (N - M) + (I - E) \quad (2)$$

Onde P é a população na data t , P_0 é a população na data inicial t_0 , N é o número de nascimentos no período, assim como M é o número de óbitos no mesmo período. I são os imigrantes e E , os emigrantes.

Já os métodos matemáticos são realizados com equações definidas, cujos parâmetros são conhecidos através dos dados populacionais de anos predecessores. A partir desses métodos, pressupõe-se que o crescimento populacional obedeça às progressões aritméticas, geométricas e de curva logística (GOMES, 2009).

O modelo aritmético é indicado para períodos de tempo curtos, visto que em prazos muito longos, transfigura-se uma exagerada discrepância com a realidade histórica. Esse modelo é expresso pela equação 3:

$$r = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

No modelo geométrico a razão de crescimento “ r ” é expressa pela equação 4:

$$r = t_2 - t_1 \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \quad (4)$$

A partir da expressão anterior, a população futura pode ser estimada pela seguinte equação (5):

$$P = P_0(r)^{t-t_0} \quad (5)$$

Outra metodologia utilizada e debatida na literatura (GOMES, 2009) é a do modelo de ajustamento linear que considera o crescimento populacional representado por uma equação (6) de primeira ordem, onde a e b são parâmetros a serem estabelecidos e x é o horizonte de tempo (quantidade de anos) a serem estudados.

$$P = a + bx \quad (6)$$

Visando uma estimativa de projeção populacional do município de Campina Grande em um horizonte de projeto de 20 anos (2014 – 2034), o documento para implementação do PMSB fez uso de uma metodologia fundamentada na tendência de

crescimento, conhecida como Método AiBi. Nesta metodologia, expressa pela equação 7 abaixo, a população de áreas menores pode ser estimada a partir da população de áreas maiores, assumindo que essa variação ocorre em um curto período de tempo.

$$P_i(t) = a_i P(t) + b_i \quad (7)$$

tal que:

- a_i : o coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área menor i em relação ao incremento da população da área maior;
- b_i : o coeficiente linear de correção.

Por este método, cada população da área menor i no tempo t é uma proporção a_i da população da área maior corrigida por um fator de correção b_i . E ainda, para a determinação dos coeficientes a_i e b_i faz-se necessário relacionar o tamanho das populações das áreas menores e da área maior em dois pontos do tempo com populações já conhecidas (CORRÊA, 2011).

Na divisão da área urbanizada de Campina Grande proposta para o PMSB, a área foi dividida em 6 regiões. Levou-se em consideração os limites dos bairros e informações especializadas que permitiram a diferenciação de cada uma das regiões, destacando-se a dinâmica da ocupação do território a partir das definições do zoneamento existente no Plano Diretor (Lei Complementar Nº 003/2006). Estas regiões estão descritas a seguir, evidenciando a região ocupada pelo bairro Itararé:

- Região 1 (Centro): Centro, São José, Prata, Conceição, Lauritzen, Santo Antônio, Liberdade;
- Região 2 (Expansão Urbana): Distrito Industrial, Acácio Figueiredo, Cidades, Ramadinha, Serrotão, Velame;
- Região 3 (Leste-Nordeste): Jardim Tavares, Alto Branco, Castelo Branco, Monte Castelo, Jardim Continental, Cuités, Nações, Nova Brasília, Mirante, Vila Cabral;

- Região 4 (Oeste): Cruzeiro, Santa Rosa, Araxá, Estação Velha, Jeremias, Presidente Médici, Santa Cruz, Dinamérica, Pedregal, Malvinas, Bodocongó, Novo Bodocongó;
- **Região 5 (2º Anel central): Palmeira, José Pinheiro, Catolé, Quarenta, Centenário, Bela Vista, Monte Santo, Sandra Cavalcanti, Tambor, Jardim Paulistano, Universitário, Louzeiro, Itararé;**
- Região 6 (Distritos): Catolé, Galante, São José da Mata.

A partir disso, as populações dessas áreas menores subdivididas foram estimadas através do método AiBi com base na área maior como sendo o centro urbano de Campina Grande. Para o estudo do PMSB, empregou-se a equação 7, evidenciada acima, e as estimativas populacionais das 6 regiões foram determinadas para o período de 2000 a 2034. A tabela com as projeções de população de Campina Grande e as regiões selecionadas pode ser conferida em anexo.

4 METODOLOGIA

A partir do objetivo geral proposto nesse trabalho, que é a estimativa de demanda futura de água para um bairro de Campina Grande, as seguintes etapas metodológicas foram realizadas:

- A caracterização da área de estudo;
- A coleta de dados, a partir do mapeamento do uso e ocupação do solo;
- Investigação e escolha do método de estimativa de consumo de água;
- Cenarização, atual e futura, para a demanda de água na região.

Na figura 2 é apresentado o diagrama esquemático com as etapas metodológicas desta pesquisa.

Figura 2. Diagrama esquemático com as etapas metodológicas



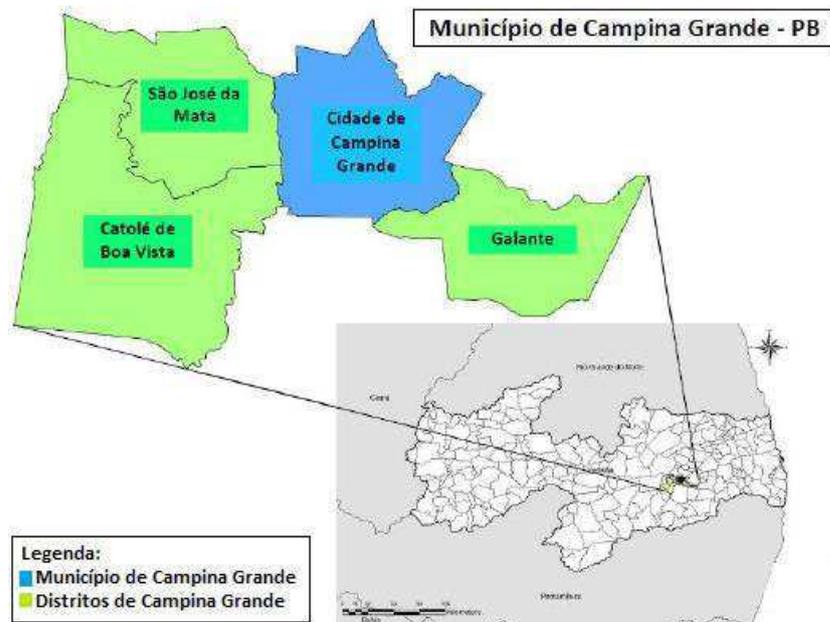
4.1. Caracterização da área de estudo

4.1.1. A cidade de Campina Grande

Localizada a 120 km da capital estadual (figura 3), Campina Grande está situada na mesorregião do Agreste paraibano com clima predominantemente semiárido. Segundo o IBGE (2010), o município de Campina Grande é o segundo maior da Paraíba com uma população urbana residente de 367.209 habitantes,

enquanto que na zona rural são 18.004. A população estimada para 2018 é equivalente a 407.472 habitantes e possui ainda, 125.610 economias abastecidas na região, sendo destas 105.566 economias ativas residenciais (IBGE, 2010).

Figura 3. Localização geográfica do município de Campina Grande



Fonte: MEDEIROS, 2017 apud LOPES, 2015

4.1.2. O bairro do Itararé

O bairro localiza-se na zona Sul da extensão urbana de Campina Grande, fazendo limites com os bairros do Catolé, Tambor, Sandra Cavalcante e o Distrito Industrial (figura 4).

Figura 4. Localização geográfica do bairro Itararé

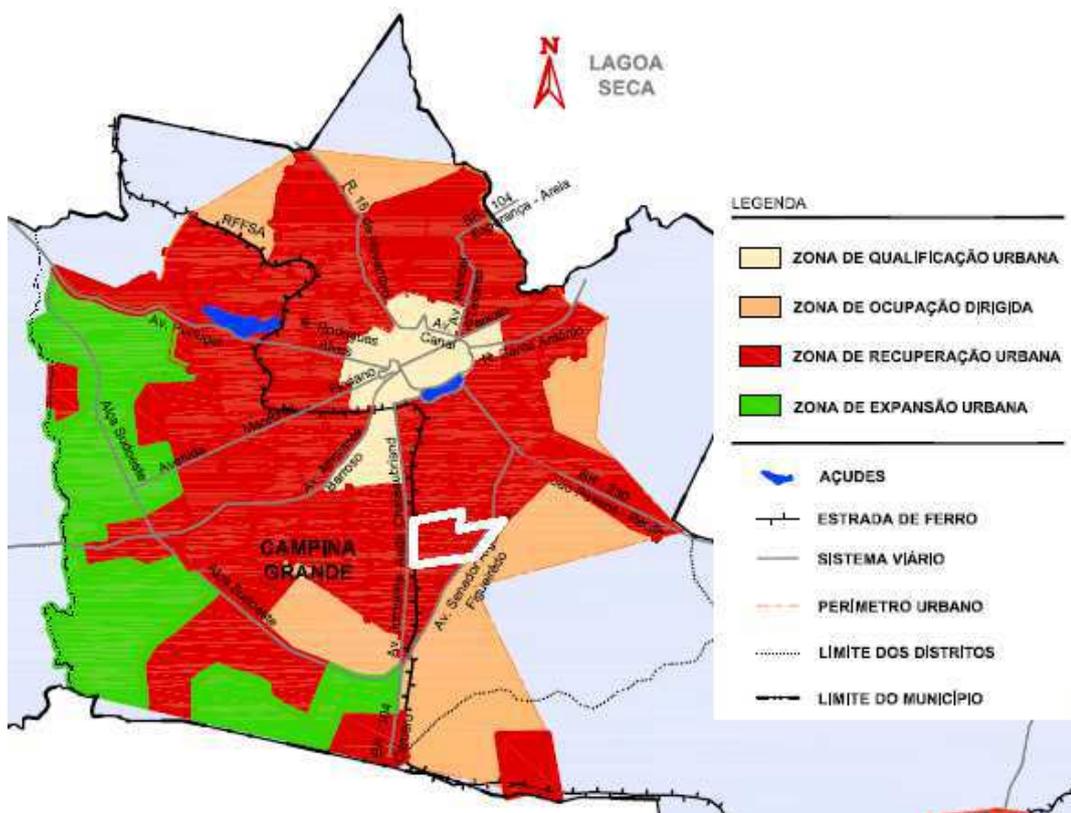


Fonte: Adaptado de Portal Ônibus da Paraíba. Disponível em:
<http://www.onibusdoparaiba.com/2012/08/transporte-coletivo-urbano-de-campina.html>

De acordo com o Plano Diretor de Campina Grande (2006), o bairro do Itararé está situado na chamada Zona de Recuperação Urbana (figura 5) que caracteriza-se pelo uso predominantemente residencial, com carência de infraestrutura e equipamentos públicos e incidência de loteamentos irregulares, além de núcleos habitacionais de baixa renda. São objetivos da Zona de Recuperação Urbana:

- I. Complementar a infraestrutura básica;
- II. Implantar equipamentos públicos, espaços verdes e de lazer;
- III. Promover a urbanização e a regularização fundiária dos núcleos habitacionais de baixa renda;
- IV. Incentivar a construção de novas habitações de interesse social;
- V. Conter a ocupação de áreas ambientalmente sensíveis.

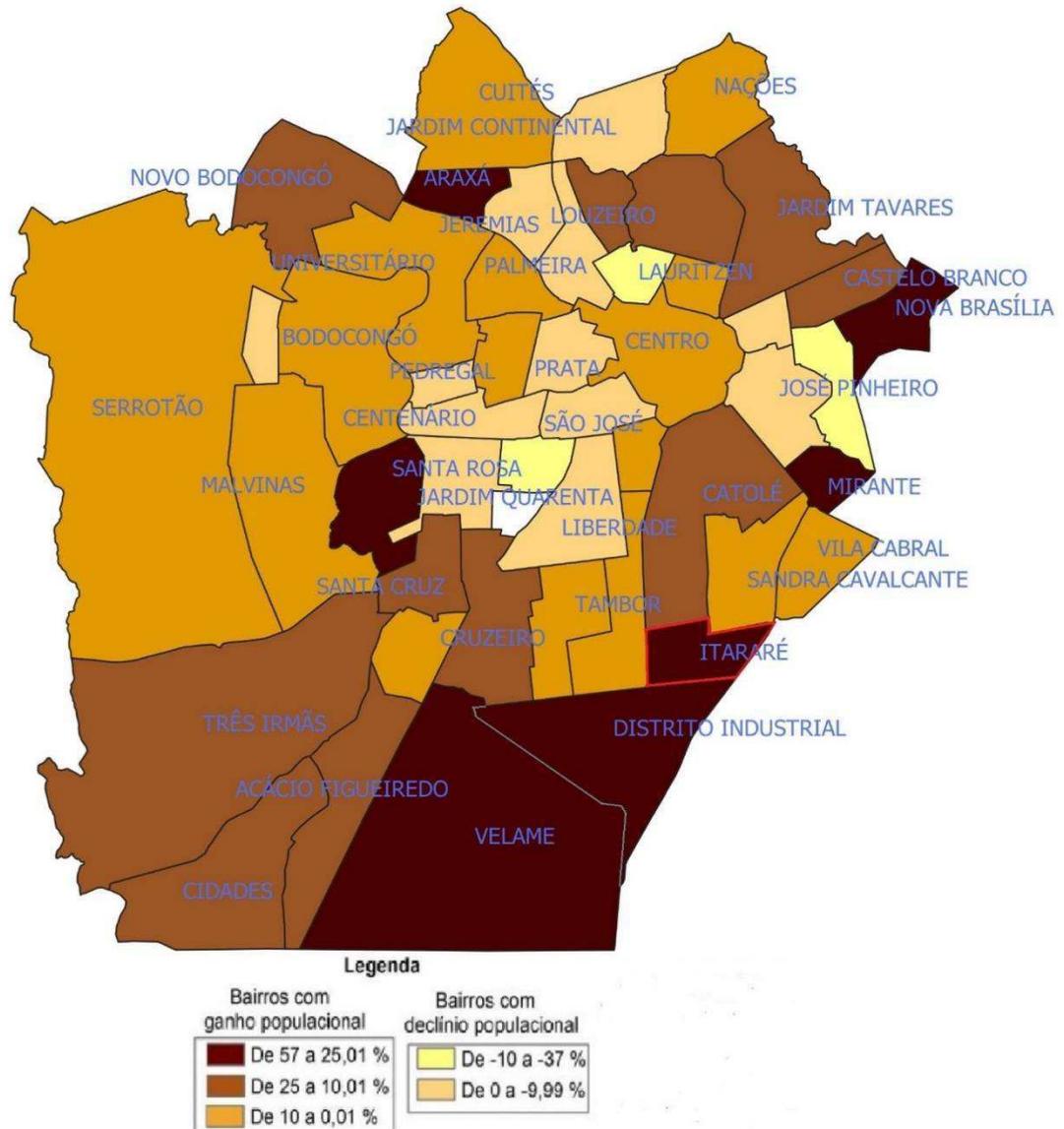
Figura 5. Zoneamento de Campina Grande



Fonte: Adaptado de Plano Diretor de Campina Grande (2006)

Apesar da sua localização geográfica na Zona de Recuperação Urbana, o bairro passou por uma expansão populacional intensa entre os anos 2000 e 2010 (figura 6).

Figura 6. Crescimento populacional por bairros entre 2000 e 2010



Fonte: Adaptado de Costa (2013)

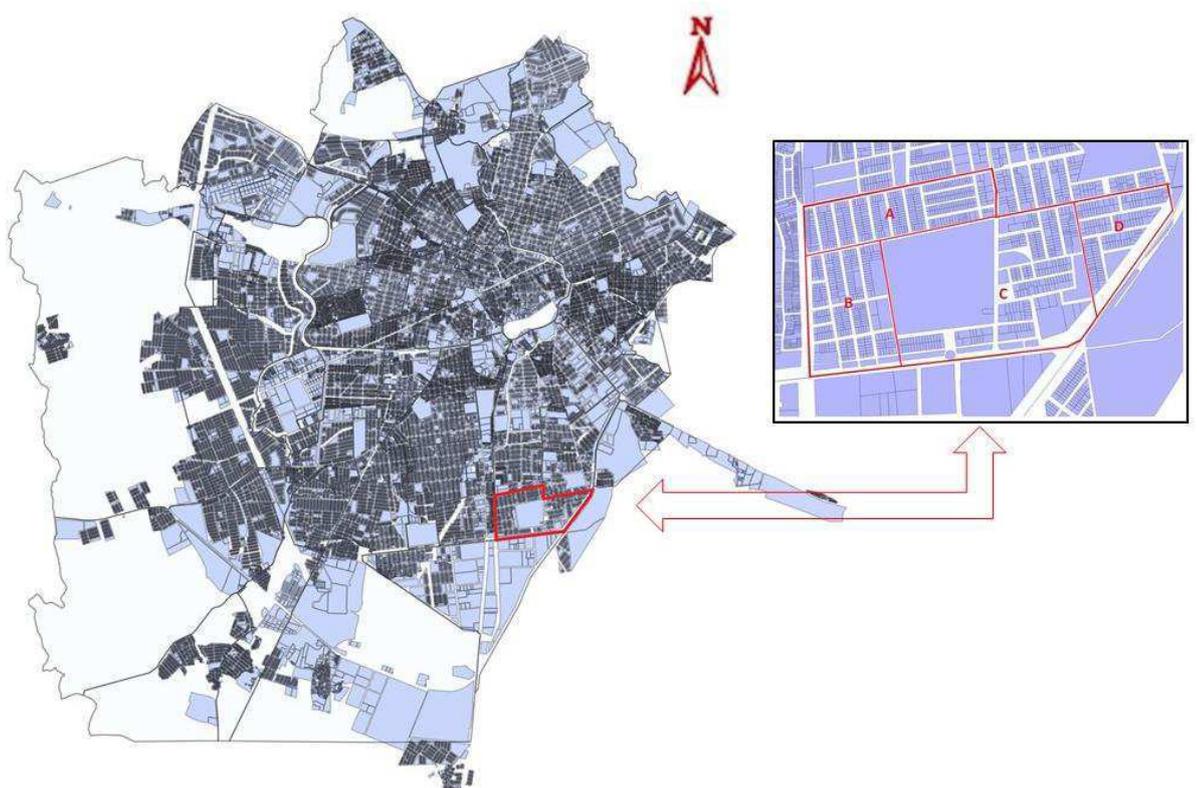
Segundo Costa (2013), esses dados apresentados na figura 6 são reflexos da instalação de loteamentos no bairro Itararé, cuja população teve um aumento acima de 25% nesse período, além da inauguração de um Centro Universitário particular em 1999 que, desde então, atrai estudantes de todo o estado.

4.2. Coleta de dados

Foi realizado um levantamento de campo em todo o bairro do Itararé de forma a obter-se informações reais para a elaboração de um banco de dados de uso e ocupação do solo na região.

Inicialmente o bairro foi dividido em 4 zonas (A, B, C e D), como mostrado na figura 7 abaixo, de maneira que as idas à campo, bem como a coleta de dados fosse facilitada pela organização. O mapeamento de uso e ocupação do solo foi então realizado para todos os lotes do bairro, considerando os usos residencial, comercial, industrial, uso público, serviço, misto e desocupação.

Figura 7. Lotes cadastrados do bairro Itararé



Estes dados de uso e ocupação do solo foram empregados na obtenção do cenário atual de uso do solo do bairro Itararé mediante utilização do ambiente SIG no software QGIS 3.0.2. Estas informações serviram como subsídio para o cálculo da estimativa da demanda de água atual, bem como para a geração de um cenário de demanda de água futura da região, fundamentada na tendência de crescimento do bairro.

Conjuntamente, utilizou-se a ferramenta *Google Earth Pro* para a obtenção de séries históricas de ocupação urbana na região por meio de imagens de satélites de alta resolução da empresa *Digital Globe* disponíveis neste ambiente de visualização online.

A partir disso, foi possível avaliar a expansão da mancha urbana na região para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2018. A escolha dessas séries históricas deu-se pela disponibilidade e nitidez das imagens disponíveis na ferramenta *Google Earth Pro*.

4.3. Estimativa de consumo de água

Para o cenário atual (2019), fundamentado nos tipos de uso e ocupação dos lotes do bairro Itararé, a estimativa de consumo de água foi relacionada com cada tipo específico de uso do solo coletado em campo (residencial, comercial, industrial, público, serviço, misto e desocupado).

Nos lotes de uso residencial estimou-se o consumo de água através da média de moradores por domicílio fornecido pelo IBGE (2010) e do consumo *per capita* facilitado pela CAGEPA (2014), levando em consideração as perdas de água no sistema de abastecimento.

Nos casos de verticalização dos lotes residenciais, padronizou-se as edificações contendo 4 pavimentos, por uma medida estatística denominada *moda*, haja visto que este é o padrão observado na maioria dos edifícios de múltiplos pavimentos no bairro (valor de maior ocorrência). Em alguns lotes verticalizados foi utilizada a quantidade exata de pavimentos, pois nestes casos, os empreendimentos destoaram das características comuns do bairro. Diante disso, a estimativa de consumo de água para os lotes residenciais verticalizados contempla o número de pavimentos e a quantidade de unidades por pavimento, além das características comuns para lotes residenciais (número médio de moradores e consumo *per capita*).

Para os lotes ocupados por indústrias, que vão desde marmorarias, fabricantes de pré-moldados e móveis, a estimativa do consumo de água foi realizada através de uma metodologia baseada em literatura específica. Diante da área ocupada pelas indústrias em cada lote tem-se um consumo distinto de água, relacionando-se a taxa de consumo de água por m² (TOMAZ, 1999).

Nos casos de lotes comerciais, a demanda de água também é estimada pela área ocupada pelo estabelecimento. Em função disso, o consumo de água nos lotes

comerciais do bairro estudado foi estimado relacionando-se a taxa de consumo (tabela 1) à dimensão do comércio.

E ainda, para os lotes do tipo serviço, compreendidos por clubes, igrejas e creches no bairro do Itararé foram utilizadas as seguintes equações para a estimativa de consumo de água por lote e as taxas aplicadas também encontram-se na tabela 1:

- *Para estabelecimentos do tipo creche (Tsutyia, 2006):*
Demanda por lote: n^o de pessoas x consumo per capita (l/dia)
- *Para estabelecimentos do tipo igrejas, templos (Tsutyia, 2006):*
Demanda por lote: número de lugares x consumo por lugar (l/dia)
- *Para estabelecimentos do tipo clubes esportivos (Ministério do Esporte, 2016):*
Demanda no estádio: capacidade do local x consumo por lugar (l/dia)

Tabela 1. Valores médios de consumo de água por categoria e tipo de estabelecimento

Tipo de Consumidor	Unidade	Consumo
Clubes Esportivos	l/dia/torcedor	7,5 l
Creches	l/dia/hab	50 l
Hóteis	l/dia/cliente	181 l
Estabelecimentos comerciais	l/dia/m ²	6 a 10 l
Igrejas e Templos	l/dia/pessoa	2 l
Indústrias em geral	l/dia/m ²	6 l

Fonte: Adaptado de Tomaz (1999) e ARSAE (2014).

4.4. Cenarização para a demanda de água futura na região

4.4.1. Cenário atual

Assim como exposto anteriormente, para o cenário atual (2019) foram utilizados os dados de uso e ocupação do solo levantados no momento da pesquisa. Essa situação dos lotes foi dividida em uso residencial, comercial, industrial, público, de serviço, misto ou desocupado.

Diante disso, utilizou-se as equações determinadas para cada uso do solo, bem como as equações para cada tipo estabelecimento instalado no lote como metodologia de cálculo para a estimativa de consumo atual de água no bairro estudado.

4.4.2. Cenários Futuro I e Futuro II

Nos cenários Futuro I e Futuro II correspondentes a períodos de curto prazo e médio prazo definidos como 5 e 10 anos, respectivamente, levou-se em consideração que a tendência de crescimento do bairro é linear e ainda que, os lotes residenciais permanecem como a maior parte do uso do solo do bairro. Assim, os cenários I e II foram considerados como “Pessimistas”, fundamentando-se que a demanda de água aumenta proporcionalmente ao crescimento da população, além das residências manterem um consumo normal de água (sem medidas racionais de economia).

4.4.3. Cenários Futuro III e Futuro IV

Para os cenários Futuro III e Futuro IV, tidos como hipóteses “Otimistas” de curto e médio prazo, respectivamente, considerou-se o uso racional da água nas residências do bairro Itararé, a partir da metodologia elaborada por Barros et al., 2016, onde constatou-se a redução de 10,42% do consumo de água se fossem utilizados mecanismos poupadores em residências, como: torneira (com arejador); chuveiro; bacia sanitária (de acionamento duplo); reuso de água (cinzas); e medidores individuais.

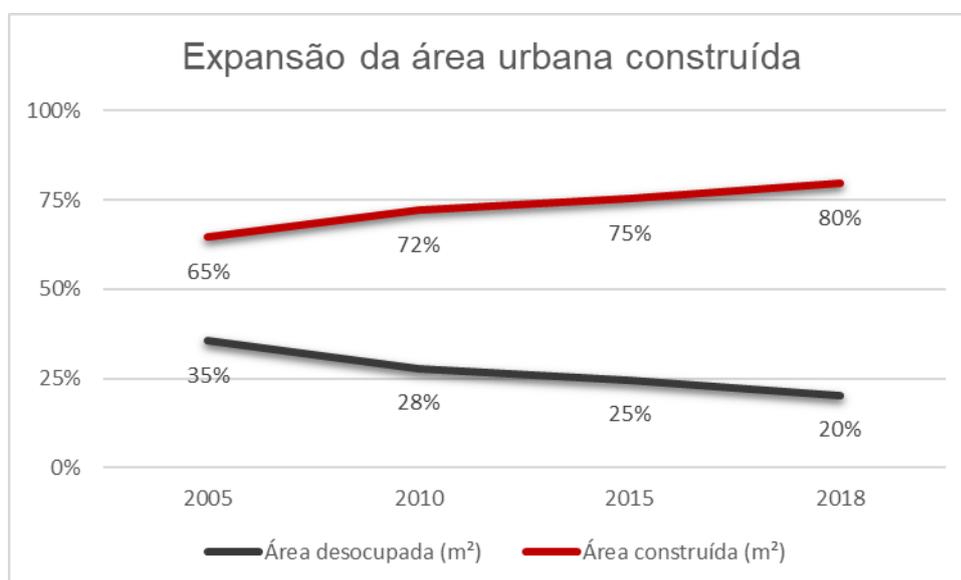
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Expansão Urbana

O bairro do Itararé, que compreende uma área de aproximadamente 0,86 km² ou 856.163 m² da superfície urbana do município de Campina Grande, sofreu uma ascensão em área construída nas últimas décadas, acompanhando o desenvolvimento do restante da cidade, assim como comentado por Araújo e Rufino (2011).

A expansão da mancha urbana do bairro foi estudada para uma série histórica de 13 anos, compreendendo os anos de 2005, 2010, 2015 e 2018, quando tem-se o último registro de imagem de satélite disponível no GE. Os resultados mostraram um aumento de 15% de área construída em 13 anos (2005 – 2018), como pode ser visto na figura 8 abaixo, acarretando consequentemente na ampliação da demanda de água para o bairro.

Figura 8. Expansão de área urbana construída no bairro Itararé



Fonte: A autora

A expansão urbana na região mostrou-se ainda, de condição mista, com crescimento horizontal e desenvolvimento de edifícios residenciais, caracterizando o início do crescimento vertical do bairro (figura 09).

Figura 9. Edifícios de pequeno porte situados no bairro Itararé



5.2. Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo referente ao cenário atual (ano de 2019) do bairro Itararé pode ser visualizado na figura 10 abaixo. A geração do mapa possibilitou o reconhecimento da dinâmica do bairro e forneceu subsídio para a estimativa futura de água a partir da espacialização do uso por lotes no bairro.

Figura 10. Mapa de Uso e Ocupação do solo no bairro Itararé em 2019



Fonte: A autora

Na tabela 2 apresenta-se a quantidade de lotes de cada tipo de uso do solo.

Tabela 2. Quantidade de lotes referente ao mapa de Uso e Ocupação do solo no bairro Itararé

Classes	Quantidade de lotes	Representatividade
Residencial	865	77,6%
Comercial	41	3,7%
Industrial	18	1,6%
Serviço	10	0,9%
Misto	1	0,1%
Em construção	6	0,5%
Desocupado	174	15,6%

Fonte: A autora

No tocante à dinâmica de uso do solo, percebe-se que a classe residencial é predominante em toda a extensão do bairro com 77,6% de representação, seguido pelo tipo de lote ainda desocupado (15,6%). Contudo, vê-se uma tendência de área sendo construída ao longo dos anos com taxa de 1,15% ao ano, segundo os resultados estabelecidos na figura 8.

Embora os lotes “Em construção” tenham sido considerados “Desocupados” para efeito de cálculo da estimativa de consumo de água, também observa-se a tendência de desenvolvimento vertical no bairro, ao passo que nos 6 lotes considerados como “Em construção” há um empreendimento contendo 18 pavimentos na área mais valorizada do bairro.

Observa-se ainda a ausência de lotes públicos, como praças e parques, e até mesmo edificações destinadas ao atendimento de pessoas, à exemplo de postos de saúde, correios e escolas.

Especialmente por causa das possibilidades de ocupação desses lotes ainda sem uso ou em construção, é de grande importância o prévio planejamento do crescimento da população para obter-se o seu total abastecimento, uma vez que a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento humano dependem, em grande parte, do nível de suporte em saneamento básico que lhes são fornecidos.

5.3. Estimativa do consumo atual de água e demanda futura

5.3.1. Cenário atual

Neste cenário, utilizou-se os dados obtidos em campo e foi considerado para a estimativa de consumo de água residencial a taxa de 3,3 moradores por domicílio (IBGE, 2010), além de um consumo de 145 l/hab por dia, visto que as perdas no sistema de abastecimento em Campina Grande foram diminuídas desde a última crise em 2017.

Para o uso industrial, decidiu-se padronizar a demanda de água de cada lote, cujos consumos correlacionam-se com a sua área (m²) e resultando em 6l/dia por metro quadrado de lote, assim como para o uso comercial com um consumo de 8l/dia por m² (TOMAZ, 1999). E ainda, para o lote especificamente ocupado pelo Estádio Ernani Satyro (popularmente conhecido como “O Amigão”), foi considerado o consumo de água da ordem de 7,5 l por pessoa em dias de jogos, segundo o Guia de recomendações de parâmetros e dimensionamentos para segurança e conforto em estádios de futebol (BRASIL, 2016).

Diante disso, foi gerado o mapa de cenário espacializado de consumo de água no bairro Itararé (figura 11) para as condições atuais de uso e ocupação do solo em 2019.

Figura 11. Espacialização do consumo atual (2019) de água no bairro Itararé



Fonte: A autora

Embora se observe que a demanda de água é superior em lotes compreendidos por uso “Serviço”, em consumo absoluto, os lotes residenciais representam 61,3% da demanda diária de água do bairro, como pode ser visto na tabela 2 abaixo. Resultado já esperado ao considerar que o uso residencial configura 77,6% da quantidade dos lotes em todo o bairro.

Tabela 3. Estimativa de consumo de água por Uso do solo no bairro Itararé

Classes	Estimativa de consumo de água (l/dia)	
Residencial	626.356,50	61,3%
Comercial	236.792,00	23,2%
Industrial	77.316,00	7,6%
Serviço	80.344,00	7,9%
Misto	1.693,00	0,2%
Total	1.022.501,50	100%

Fonte: A autora

À vista disso, para os cenários I – II, III – IV levou-se em consideração apenas o consumo em lotes residenciais em contextos “Pessimistas” e “Otimistas”, respectivamente. Dessa forma também torna-se possível a utilização da metodologia de Barros et al., (2016) haja visto que estes autores utilizaram mecanismos poupadores apenas em edificações de uso residencial.

5.3.2. Cenários Futuros I e Futuro II

Com o intuito de estimar a demanda de água futura em curto prazo (5 anos) e médio prazo (10 anos), projetou-se a população do bairro pelo Método AiBi abordado na literatura. Foi considerada como área maior de referência, a Região 5, conhecida como 2º Anel Central e a área menor, o bairro Itararé, o qual determinou-se projeções populacionais para 2024 e 2029 (5 e 10 anos). A tabela 4 abaixo apresenta os valores calculados dos coeficientes Ai e Bi do bairro.

Tabela 4. Coeficientes Ai e Bi utilizados na projeção populacional do bairro Itararé

	População		Ai	Bi
	Censo 2000	Censo 2010		
Bairro Itararé	2099	3093	0,1531	-12676,4150
Região 5 (Anel 2)	96501	102993	-	-

Por fim, utilizando-se os totais projetados para área maior (Anel 2) obtidos na elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande (2014), foi estimada a população do bairro Itararé no período de 2020 a 2030. Os resultados foram demonstrados na tabela 5.

Tabela 5. Projeções populacionais do bairro Itararé, Campina Grande – PB

ANO	População (hab)	
	Região 5 (Anel 2)	Bairro Itararé
2020	108.286	3.903
2021	108.713	3.969
2022	109.122	4.031
2023	109.513	4.091
2024	109.886	4.148
2025	110.241	4.203
2026	110.578	4.254
2027	110.897	4.303
2028	111.198	4.349
2029	111.480	4.392
2030	111.745	4.433

Levando em consideração que o consumo de água no bairro por parte da população amplie à medida que as condições financeiras melhorem, foi estabelecido uma taxa de 145 l/hab.dia para o cenário de curto prazo (Cenário I) e 150 l/hab.dia diante do cenário de médio prazo (Cenário II).

Nestes dois cenários destaca-se o consumo normal de água no bairro em um contexto “Pessimista”, no qual não se adotam medidas de conservação da água utilizada no dia a dia das residências, ou seja, não há aplicação de mecanismos poupadores de água.

Na tabela 6 apresentam-se os resultados de estimativa de consumo de água futuro para curto e médio prazos.

Tabela 6. Demanda de água estimada para o bairro Itararé, Campina Grande – PB, sem utilização de mecanismos poupadores de água

CENÁRIO I	CENÁRIO II
Demanda de água, futuro de curto prazo (l/dia): 5 anos	Demanda de água, futuro de médio prazo (l/dia): 10 anos
593236,63	658868,62

Observa-se na tabela 5 um aumento na demanda de água do bairro Itararé. Em um horizonte de 5 anos entre os cenários estudados, a ampliação do consumo de água na área é da ordem de 11%.

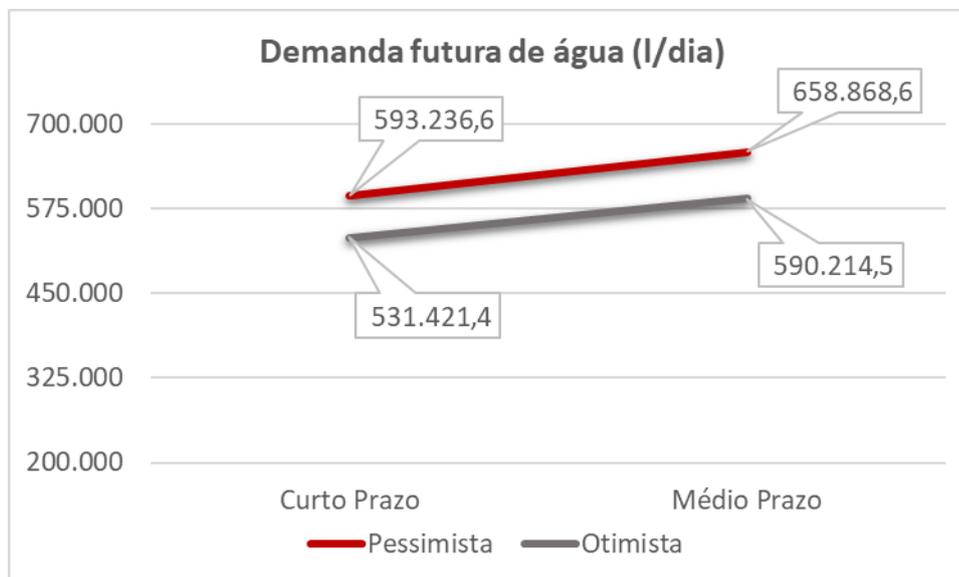
5.3.3. Cenários Futuro III e Futuro IV

À vista dos frequentes períodos de estiagens que a cidade de Campina Grande vivencia devido a sua localização geográfica, tendo prolongadas temporadas de racionamento e iminência de colapso do recurso hídrico responsável pelo abastecimento da região, observou-se a necessidade de prever o aumento da demanda de água em cenário racional de consumo de água.

Para os cenários III (curto prazo) e IV (médio prazo), tidos como cenários “Otimistas”, considerou-se um consumo racional de água no bairro que, segundo a metodologia proposta por Barros et al. (2016), a utilização de mecanismos poupadores de água reduz a demanda de água em residências em 10,42%.

Na figura 12 é realizada uma comparação entre os cenários onde há utilização dos mecanismos poupadores e onde não há.

Figura 12. Demanda de água futura com e sem mecanismos poupadores de água



Fonte: A autora

Diante dos cenários apresentados, identifica-se que a demanda de água atual do bairro já ultrapassa a estimativa futura de consumo, quando projetada apenas pelo crescimento da população, em 5,5%. Isto é, apesar do estudo da tendência de crescimento populacional utilizado no PMSB, a dinâmica do uso e ocupação do solo pode influenciar a valorização de um bairro, atraindo e acelerando investimentos e ainda mais habitantes, conseqüentemente.

Neste sentido, ressalta-se aqui que estudos de projeção de demanda de consumo de água que não consideram a dinâmica da ocupação urbana podem "mascarar hot spots" como áreas que se diferenciam de outras em uma cidade por terem recebido algum equipamento urbano importante, e portanto, terem uma chance maior de um aumento populacional e adensamento.

No caso do bairro Itararé, a proximidade com os bairros Catolé e Sandra Cavalcante, que apresentam forte tendência à verticalização (OLIVEIRA, 2019), valoriza o metro quadrado do bairro. Além disso, alguns "atratores de movimento" como o Terminal Rodoviário e os Shoppings, Luíza Motta e Partage, além de escolas particulares importantes na cidade, despertam cada vez mais a procura por espaços próximos desocupados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou a estimativa da demanda futura de água do bairro Itararé, no município de Campina Grande, fundamentando-se no Uso e Ocupação do solo, bem como na tendência de crescimento da região. Os resultados mostraram que o uso residencial dos lotes é predominante na área, e ainda é responsável por 61% da demanda de água da região. Apresentaram também uma expansão da área construída do bairro na ordem de 15%, em um período de 13 anos observados, além do início do crescimento vertical já ser percebido na localidade.

Diante do conjunto de questões referentes ao crescimento acelerado das cidades, estudos que desempenhem as previsões de mudança de ocupação do solo são fundamentais para o eficiente planejamento das infraestruturas urbanas, afim de que se obtenha o pleno atendimento de abastecimento de água, principalmente, a toda população.

No tocante a expansão da demanda de água ao longo dos anos no bairro estudado, constata-se que os resultados obtidos apresentam indicadores preocupantes, do ponto de vista de abastecimento, visto que em um horizonte de 5 anos entre os cenários estudados a demanda de água sofre um aumento em torno de 11% de 2023 a 2029. Além do mais, segundo especialistas da CAGEPA, o sistema de abastecimento de Campina Grande já trabalha no seu limite, uma vez que o projeto de abastecimento de água da cidade teve um alcance previsto para o ano de 2005, há 14 anos atrás.

Assim sendo, percebe-se que a falta de planejamento urbano sensível aos recursos hídricos pode acarretar inúmeros impactos nos serviços de infraestrutura, especialmente nos sistemas de abastecimento de água.

No estudo verificou-se que a utilização de SIG foi indispensável para o desenvolvimento das análises, tornando possível visualizar a evolução das áreas construídas ao longo do tempo no bairro e ainda, auxiliar no controle de informações necessárias para a estimativa de consumo de água.

Para trabalhos futuros, tendo em vista que os Sistemas de Informações Geográficas são instrumentos com ampla capacidade de auxiliar o planejamento em meio urbano, recomenda-se:

- Modelar a rede de distribuição de água do bairro do Itararé e analisar o comportamento hidráulico da mesma diante dos crescentes valores de demanda de água;
- Utilizar outras metodologias de cálculo de estimativa de consumo para possibilitar comparações e análises, bem como considerar diferentes padrões de consumo haja visto que os padrões considerados em algumas metodologias de cálculo existentes são muitas vezes superestimados;
- Simular cenários futuros de uso e ocupação do solo utilizando o Dinâmica EGO (modelo de simulação dinâmica), afim de analisar a tendência de crescimento de cada tipo de uso do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. L. DE; RUFINO, I. **Estimativa do crescimento da demanda de água baseada em dados de uso e ocupação do solo urbano**. Anais XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - ABRH, p. 1–15, 2011.

ARSAE (Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais). **Consulta Pública – Uso Presumido**, 2014.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. **Rios E Cidades**. Revista da Universidade Federal de Minas Gerais, volume 20, p. 124–153, Belo Horizonte, 2013.

BARROS, M.B., RUFINO, I.A.A., MIRANDA, L.I.B. **Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol 21, nº 1. 251-262. 2016

BRASIL, Ministério do Esporte. **Guia de recomendações de parâmetros e dimensionamentos para segurança e conforto em estádios de futebol**. 2016. Disponível em: <<http://portal.esporte.gov.br/futebolDireitosTorcedor/pdf/guideRecomentadacoesdeestadios.pdf>> Acesso em: 05 de Março de 2019.

CAMPINA GRANDE, Secretaria de Planejamento. **Plano Municipal de Campina Grande – Prognósticos e Alternativas para a Universalização dos Serviços de Saneamento Básico**. 2014. (Não Publicado) Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B5ISOXsVSI3sUzZlcFh4cHNtRIE/view>>. Acesso em 06 de março de 2019.

CARMO, R. L. DO; DAGNINO, R. DE S.; JOHANSEN, I. C. **Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil**. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 31, n. 1, p. 169–190, 2014.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. Fortaleza, SRH, 1992. 4v. Atualizado em 2005.

CORRÊA, C. S. **Métodos AiBi e Logístico para projeção de pequenas áreas: uma aplicação para a microrregião de Angicos – RN**.

COSTA, L. B. da. **Estruturação da cidade de Campina Grande: As estratégias e intencionalidades do mercado imobiliário**. [s.l.] Universidade Federal da Paraíba, 2013.

FERREIRA, N. H.; FERREIRA, C. A. B. V.; GOUVEIA, I. C. M. C. **Mapa de Fragilidade Ambiental como auxílio para o Planejamento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 12, n. 03, p. 44–58, 2016.

FORTALEZA, Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza**. Relatório técnico. 2014.

FORTALEZA, Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **Plano Diretor de Abastecimento de Água Integrado de Fortaleza**. 2010

GALVÃO, C. O.; RÊGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. **Sustentabilidade da oferta de água para abastecimento urbano no semi-árido brasileiro: o caso Campina Grande**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 26, p. 65–78, 2014.

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. v. 3, p. 13-16, 2009.

HELLER, L; PADUA, V. L.,. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1ª edição. Minas Gerais: Universidade Federal de Campina Grande. 2006

JAMBO, J. B. **Uso do conceito WSUD (water sensitive urban design) na transição para cidades “sensíveis” à água: um estudo de caso de Teresópolis, RJ**. p. 74, 2017.

JHON, M.; MARTÍNEZ, O.; MARQUINA, V.J.J.; AMAYA, H.C.A. **Áreas de expansão urbana em Tovar, estado mérida-Venezuela**. Revista Geografica Venezolana, v. 54, n. 2, p. 241–257, 2014.

MARINHO, S. D. A. M. **Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos: Análise a Partir do Metabolismo Urbano e da Produção do Espaço em Campina Grande - PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2018.

MEDEIROS, L. E. L. DE M. **Utilização dos indicadores convencionais e de satisfação dos usuários para avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água na cidade de Campina Grande/PB**. [s.l.] Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

OJIMA, R. **A produção e o consumo do espaço nas aglomerações urbanas brasileiras : desafios para uma urbanização sustentável**. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, p. 1–19, 2006.

OLIVEIRA, L. M. DE. **Modelagem dinâmica e cenários urbanos de demanda de água: simulações em Campina Grande – PB**. 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2019.

PEREIRA, W. E. N. **Reestruturação do Setor Industrial e Transformação do Espaço Urbano de Campina Grande - PB a partir dos anos 1990**. Editora: EDUFRN. Natal, 2016.

PINHEIRO, A. F. **Delimitação da Área de Preservação Permanente no Rio do Canto (Areia-PB) com uso de Sistema de Informação Geográfica**. [s.l.] Universidade Estadual da Paraíba, 2018

Prefeitura Municipal de Campina Grande. **Plano diretor de Campina Grande**, 2006.

SILVA, O. V. DA. **Readequação do espaço urbano visando a sustentabilidade ambiental.** Revista Científica Eletrônica de Pedagogia. V. 17. 2011

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água – Interface nas Instalações prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos.** 1999

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 3a. Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

WONG, T. H. F.; BROWN, R. R. **The water sensitive city: Principles for practice.** Water Science and Technology, v. 60, n. 3, p. 673–682, 2009.

ANEXO

Tabela 07. Estimativas Populacionais para o município de Campina Grande, sua área urbana e rural e 6 regiões selecionadas que formam a área urbana

Ano	Campina Grande	Urbano	Rural	Região 1 (Centro)	Região 2 (Expansão Urbana)	Região 3 (Leste Nordeste)	Região 4 (Centro-Oeste)	Região 5 (2º Anel)	Região 6 (Distritos)
2000	358325	340327	17998	43380	36841	39716	114773	96501	9116
2001	361536	343507	18029	43198	37733	40327	115672	97146	9431
2002	364771	346711	18060	43014	38631	40942	116579	97795	9750
2003	368029	349938	18091	42829	39535	41562	117491	98450	10071
2004	371300	353179	18121	42643	40444	42184	118408	99107	10393
2005	374573	356424	18149	42457	41354	42808	119326	99765	10714
2006	377836	359660	18176	42271	42261	43429	120241	100421	11037
2007	381079	362879	18200	42086	43163	44047	121152	101073	11358
2008	384293	366071	18222	41903	44058	44660	122055	101720	11675
2009	387469	369228	18241	41722	44943	45267	122948	102360	11988
2010	390604	372348	18256	41543	45818	45866	123830	102993	12298
2011	393665	375398	18267	41368	46673	46452	124693	103611	12601
2012	396622	378350	18272	41199	47501	47019	125528	104210	12893
2013	399474	381203	18271	41035	48300	47567	126335	104788	13178
2014	402219	383955	18264	40877	49072	48095	127113	105346	13452
2015	404858	386607	18251	40725	49815	48605	127863	105884	13715
2016	407394	389161	18233	40578	50531	49095	128585	106402	13970
2017	409830	391620	18210	40437	51221	49567	129281	106900	14214
2018	412169	393987	18182	40302	51884	50022	129950	107380	14449
2019	414414	396265	18149	40171	52523	50460	130595	107842	14674
2020	416567	398455	18112	40045	53137	50880	131214	108286	14893
2021	418630	400560	18070	39925	53727	51284	131810	108713	15101
2022	420602	402578	18024	39809	54293	51672	132380	109122	15302
2023	422482	404508	17974	39698	54834	52043	132926	109513	15494
2024	424269	406349	17920	39592	55350	52396	133447	109886	15678
2025	425961	408100	17861	39492	55841	52733	133942	110241	15851
2026	427561	409762	17799	39397	56307	53052	134412	110578	16016
2027	429068	411335	17733	39306	56748	53354	134857	110897	16173
2028	430480	412818	17662	39221	57164	53639	135277	111198	16319
2029	431799	414211	17588	39141	57554	53906	135671	111480	16459
2030	433028	415517	17511	39066	57920	54157	136040	111745	16589
2031	434172	416742	17430	38996	58264	54392	136387	111994	16709
2032	435232	417886	17346	38931	58584	54612	136710	112225	16824
2033	436209	418950	17259	38870	58883	54816	137011	112441	16929
2034	437106	419937	17169	38813	59159	55006	137290	112641	17028

Fonte: Adaptado de Prognósticos e Alternativas para Universalização dos Serviços de Saneamento Básico de Campina Grande (2014)