

PPGECA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AMBIENTAL

ROSILANIA FERNANDES DE SOUSA

**MECANISMOS POUPADORES COMO FERRAMENTAS DE
RESILIÊNCIA URBANA E DE APOIO À GESTÃO SUSTENTÁVEL
DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Campina Grande,

Março de 2020.

ROSILANIA FERNANDES DE SOUSA

**MECANISMOS POUPADORES COMO FERRAMENTAS DE
RESILIÊNCIA URBANA E DE APOIO À GESTÃO SUSTENTÁVEL
DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

ORIENTADOR (A): IANA ALEXANDRA ALVES RUFINO

COORIENTADOR (A): ANDRÉA CARLA LIMA RODRIGUES

Campina Grande,
Março de 2020.

S725m

Sousa, Rosilania Fernandes de.

Mecanismos poupadores como ferramentas de resiliência urbana e de apoio à gestão sustentável do abastecimento de água / Rosilania Fernandes de Sousa. - Campina Grande, 2020.

103 f. : il. color

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Profa. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino, Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues.

Referências.

1. Abastecimento Sustentável de Água. 2. Gestão de Demanda de Água. 3. Segurança Hídrica. I. Rufino, Iana Alexandra Alves. II. Rodrigues, Andréa Carla Lima. III. Título.

CDU 628.1(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Rosilania Fernandes de Sousa

MECANISMOS POUPADORES COMO FERRAMENTAS DE RESILIÊNCIA
URBANA E DE APOIO À GESTÃO SUSTENTÁVEL DO ABASTECIMENTO
DE ÁGUA

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental.



Prof^ª. Dr^ª. Iana Alexandra Alves Rufino

(Orientadora – Universidade Federal de Campina Grande)



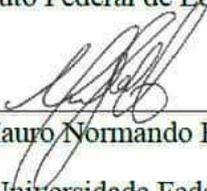
Prof^ª. Dr^ª. Andréa Carla Lima Rodrigues

(Coorientadora – Universidade Federal de Campina Grande)



Prof^ª. Dr^ª. Ester Luiz de Araújo Grangeiro

(Examinadora Externa – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia)



Prof. Dr. Mauro Normando Barros Filho

(Examinador Interno – Universidade Federal de Campina Grande)

Campina Grande, 27 de Março de 2020.

*“O Todo Poderoso fez por mim
grandes coisas; santo é o Seu nome”
Lucas 1: 49.*

Ao Senhor Deus, responsável pela
minha existência e minhas
conquistas.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Compreendendo que muito mais importante que o resultado final é a jornada para conquistá-lo, não poderia deixar de agradecer àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com todo este processo. Portanto, agradeço:

A *Deus*, por tantas bênçãos e por me capacitar para que eu pudesse chegar até aqui, e à *Virgem Maria*, por toda a sua intercessão.

À *minha família*, por todo o apoio durante esta jornada, sempre me motivando a superar as minhas dificuldades. À minha amada mãe, Geni Fernandes, por todo carinho e compreensão, e por cuidar tão bem de mim, mesmo estando longe fisicamente.

Às *amigas queridas*, Daniele, Fernanda e sua família que, desde a infância, sempre estiveram ao meu lado torcendo por mim e me ajudando a superar as dificuldades. À Graziela, pelo incentivo e pelo apoio nos momentos difíceis.

Às *minhas orientadoras*, Iana Rufino e Andréa Carla, por acreditarem em mim e por me ajudarem nas minhas limitações e por todo o carinho com que acolheram todas as minhas dúvidas.

Aos *meus professores*, por todo o conhecimento compartilhado. Aos professores do PPGECA, especialmente Carlos, Márcia, Veruchka, Srinivasan, Libânia e Silvânia, com quem tive a oportunidade de estar em sala de aula.

Aos *funcionários* dos laboratórios de Hidráulica I e II, em especial Rejane e Aurezinha, pela ajuda significativa.

Aos *amigos* que me acompanharam nesta trajetória. Débora, pela amizade desde a época da graduação, e pelo apoio em todos momentos. Aos colegas do Laboratório de Hidráulica II, José Benito, Mery, Simone, Francine, Yáscara, Higor, Tayron, Bárbara, Tereza, Wanessa e Shalana, por terem estado sempre dispostos a me ajudar neste trabalho.

À *CAPES*, pelo apoio financeiro durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A gestão eficiente das águas urbanas é uma necessidade imediata em cidades de diferentes regiões do mundo, levando-se em conta os graves impactos relacionados ao crescimento da demanda de água nos mais diversos setores, e a dependência das cidades de uma única fonte hídrica. Esses impactos reforçam a urgência de articulações com vistas a uma integração entre os sistemas de planejamento urbano e de recursos hídricos, para que estes sejam capazes de se desenvolver com uma maior resiliência. Campina Grande, cidade de médio porte do semiárido brasileiro, objeto deste estudo, é expressão dessa desarticulação, tendo, historicamente, vivenciado crises relativas à disponibilidade hídrica para os diversos usos urbanos. O objetivo deste trabalho é quantificar o impacto em termos de consumo de água causado pela implantação de um complexo multimodal na área periurbana de Campina Grande, especificamente das tipologias construtivas residencial e industrial do complexo, e apresentar uma possibilidade de promover sistemas mais adaptáveis a perturbações a partir do emprego de ferramentas de gestão de demanda de água, como os mecanismos poupadores de consumo. Para tanto, foram selecionados seis tipos de mecanismos poupadores, e realizada a estimativa da demanda de água para as diferentes tipologias do complexo, sendo simulada para um cenário convencional e outros cenários resilientes, sendo estes últimos providos dos mecanismos poupadores escolhidos. A partir da análise dos cenários de gestão, os resultados indicaram que a utilização desses mecanismos reduz em até 48% o consumo final de água no complexo habitacional e até 52% no complexo industrial. Verificou-se que o componente industrial do complexo apresenta um consumo expressivamente superior ao das demais tipologias e que, como há previsão de implantação gradual de outras atividades industriais, esse consumo apresenta grande possibilidade de crescimento. Observou-se para este caso de estudo, a inexistência de uma preocupação em proporcionar a autossustentabilidade em relação à água, apesar do contexto de vulnerabilidade hídrica que possui a cidade de Campina Grande. Com base neste fato, sugere-se a previsão, na legislação urbanística do município, de instrumentos que possam consolidar a obrigatoriedade de mudanças nos padrões construtivos e de comportamento da população, no sentido do uso consciente e sustentável da água.

Palavras-chave: Abastecimento Sustentável de Água; Gestão de Demanda de Água; Segurança Hídrica.

ABSTRACT

The efficient management of urban water is an immediate necessity in cities of different regions of the world, taking into account the serious impacts related to the growth of water demand in the most diverse sectors, and the dependence of cities on a single water source. These impacts reinforce the urgency of articulations for integration between urban planning and water resources systems, so that they are able to develop with greater resilience. Campina Grande, a medium-sized city in the Brazilian semiarid region, the object of this study, is an expression of this disarticulation, having historically experienced crises related to the availability of water for various urban uses. The objective of this work is to quantify the impact in terms of water consumption caused by the implementation of a multimodal complex in the peri-urban area of Campina Grande, specifically the residential and industrial construction typologies of the complex, and present a possibility to promote systems more adaptable to disturbances from the use of water demand management tools, such as consumption saving mechanisms. For this purpose, six types of sparing mechanisms were selected, and the estimation of the water demand for the different typologies of the complex was performed, being simulated for a conventional scenario and other resilient scenarios, the latter provided with the chosen sparing mechanisms. From the analysis of the management scenarios, the results indicate that the use of these mechanisms reduces the final water consumption in the housing complex by up to 48% and the industrial complex by up to 52%. It was verified that the industrial component of the complex presents a consumption expressively superior to the other typologies and that, as there is a forecast of gradual implementation of other industrial activities, this consumption presents the possibility of great growth. For the case of the Aluizio Campos Complex, there was no concern to provide its self-sustainability in relation to water, given the context of water vulnerability that the city of Campina Grande has. Based on this, it is suggested that the urban legislation of the municipality provide for instruments that can consolidate the mandatory changes in the constructive standards and behavior of the population, in the sense of the conscious and sustainable use of water.

Keywords: Sustainable Water Supply; Water Demand Management; Water Security.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da população no Brasil.....	20
Figura 2 - Dimensões da Segurança Hídrica.	26
Figura 3 - Índice de Segurança Hídrica do Brasil em 2030.	28
Figura 4 - Categorias de Ações para Cidades Conscientes na Gestão da Água.	30
Figura 5 - Princípios do Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos.	32
Figura 6 - Bacia sanitária de acionamento duplo.	40
Figura 7 - Kit com acionador duplo para caixa acoplada.	40
Figura 8 - Bacia sanitária econômica em ABS.....	41
Figura 9 - Bacia sanitária com tecnologia de vácuo assistido.	42
Figura 10 - Torneira de fechamento automático.	43
Figura 11 - Torneira com sensor de presença.....	44
Figura 12 - Torneira economizadora de água.	44
Figura 13 – a) Dispositivo arejador para torneiras.....	45
Figura 13 – b) Torneira com arejador.....	45
Figura 14 – Dispositivos restritores de vazão para chuveiros.	46
Figura 15 - Chuveiro com aerador.....	46
Figura 16 – Chuveiro inteligente.....	47
Figura 17 - Sistema de reuso de águas cinzas.	48
Figura 18 - Bacia do Rio Paraíba e sua rede de drenagem principal, Açude Epitácio Pessoa e município de Campina Grande.	49
Figura 19 - Evolução Populacional de Campina Grande-PB.	50
Figura 20 - Fluxograma das etapas metodológicas	56
Figura 21 - Localização do Complexo Aluízio Campos.	57
Figura 22 - Zoneamento do Complexo Aluízio Campos.....	58
Figura 23 - Complexo Habitacional Aluízio Campos (a; b).....	61
Figura 24 - Tipologia casa do complexo habitacional (a; b).	62
Figura 25 – Tipologia apartamento do complexo habitacional (a; b).....	62
Figura 26 - Tipologia escolar do complexo habitacional.	62
Figura 27 - Distribuição do consumo em empreendimentos residenciais.(a; b).	66
Figura 28 - Distribuição do consumo em escolas e creches.	67
Figura 29 - Grupos de Cenários de Gestão de Demanda de Água.	67
Figura 30 - Economia de cada cenário por tipologia construtiva.	73
Figura 31 - Percentual de economia no consumo final do complexo habitacional.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cenários de Gestão de Demanda simulados.....	68
Tabela 2 - Consumo das atividades a serem implantadas no Complexo.....	69
Tabela 3 - Economia alcançada pelo cenário XI.	70
Tabela 4 - Percentuais de aproveitamento de efluente conforme o tipo de indústria. ...	70
Tabela 5 - Estimativa da demanda de água para o cenário convencional do complexo habitacional.....	71
Tabela 6 - Estimativa da demanda de água para o cenário convencional do complexo industrial.....	71
Tabela 7 - Distribuição do consumo nas residências.....	72
Tabela 8 - Distribuição de consumo nas escolas e creches.	73
Tabela 9 - Economia proporcionada por cada cenário no consumo final do complexo habitacional.....	74
Tabela 10 - Economia de cada cenário no consumo do complexo industrial.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Justificativas para a implantação do Complexo Aluizio Campos.....	60
Quadro 2 - Critérios de seleção dos mecanismos poupadores.....	63
Quadro 3 – Mecanismos poupadores selecionados.....	64

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA – Agência Nacional de Águas

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

EPA – *Environmental Protection Agency*

GDA – Gestão de Demanda de Água

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano

ISH – Índice de Segurança Hídrica

IWA – *The International Water Association*

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MP – Mecanismos Poupadores

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PED-CG/2035 – Plano Estratégico Campina Grande 2035

PISF – Projeto de Integração do Rio São Francisco

PMCG – Prefeitura Municipal de Campina Grande

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNHU – Programa Nacional de Habitação Urbana

PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEPLAN – Secretaria de Planejamento, Gestão e Transparência

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

WSUD – *Water Sensitive Urban Design*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 EXPANSÃO URBANA	19
2.2 CONSUMO DE ÁGUA NAS CIDADES	24
2.3 SEGURANÇA HÍDRICA	25
2.4 PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS.....	29
2.5 RESILIÊNCIA URBANA	34
2.6 GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA: UMA FERRAMENTA PARA A PROMOÇÃO DE CIDADES MAIS RESILIENTES	35
2.6.1 Uso de mecanismos poupadores de consumo	37
2.6.2 Exemplos de Mecanismos Poupadores	39
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	48
3.1 ASPECTOS GERAIS	48
3.2 CAMPINA GRANDE E SUA RELAÇÃO COM A ÁGUA	50
3.3 IMPLICAÇÕES DO APORTE HÍDRICO DO PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO	54
4. METODOLOGIA.....	56
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	56
4.2 SELEÇÃO DOS MECANISMOS POUPADORES.....	63
4.3 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE GESTÃO DA DEMANDA.....	64
4.3.1 Complexo Habitacional.....	65
4.3.2 Complexo Industrial.....	69
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	71
5.1 ESTIMATIVA DAS DEMANDAS	71
5.2 MECANISMOS POUPADORES E A EFETIVA REDUÇÃO DO CONSUMO	72
5.2.1 Complexo Habitacional.....	72
5.2.2 Complexo Industrial.....	77

6. DIRETRIZES PARA O AUMENTO DA RESILIÊNCIA DE CIDADES.....	78
6.1 INTERVENÇÕES EM NOVOS EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS..	78
6.2 REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	79
6.3 LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA COMO VEÍCULO PARA IMPLANTAÇÃO DE MUDANÇAS NOS PADRÕES CONSTRUTIVOS.....	79
6.4 O PRINCÍPIO PROTETOR-RECEBEDOR COMO INCENTIVO À REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA.....	80
7. CONCLUSÕES	82
7.1 RECOMENDAÇÕES PARA OUTROS ESTUDOS	84
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
9. APÊNDICES	98

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sustentabilidade e resiliência são duas considerações importantes na concepção e operação de sistemas de abastecimento de água urbanos (SHAO *et al.*, 2017), ante os inúmeros impactos gerados pelo crescimento urbano desordenado, especialmente no que diz respeito aos recursos hídricos.

A gestão eficiente das águas urbanas é uma necessidade imediata em cidades de diferentes regiões do mundo (EGGIMANN *et al.*, 2017; FEINGOLD *et al.*, 2018), levando-se em conta os graves impactos relacionados ao crescimento da demanda de água nos mais diversos setores, e a dependência das cidades de uma única fonte hídrica. Simultaneamente a isso, tem-se o processo de ocupação do solo que, muitas vezes desarticulado ao gerenciamento dos recursos hídricos, implica em inúmeros danos ambientais, tanto no meio natural quanto no urbano, além da possibilidade de sobrecarregar a infraestrutura urbana, promover acesso ineficiente aos serviços urbanos em áreas vulneráveis, e aumento da impermeabilização do solo. Soma-se ainda a problemática das mudanças climáticas, com o aumento na ocorrência de eventos extremos (secas e cheias) (VARADY *et al.*, 2013).

Ao compreender as cidades como sistemas dinâmicos e complexos, a busca pela promoção da resiliência urbana torna-se um desafio ainda maior. O processo de expansão urbana, que ocorre em ritmo diferente do crescimento populacional, produz cidades com grandes problemas de infraestrutura e de atendimento aos serviços de saneamento básico, como abastecimento de água e coleta de esgoto. Dessa forma, o planejamento urbano para cidades mais resilientes tem justamente a função de considerar a instalação de novos componentes dentro de uma cidade, de novas instituições e aquisições de novos recursos, para que o processo de expansão urbana produza estruturas adaptáveis, e que estas possam, sob uma gestão eficiente dos seus recursos, adaptar-se em situações de crise.

Com base nisto, os impactos da crescente demanda por recursos hídricos no meio urbano reforçam a urgência de articulações com vistas a uma integração entre os sistemas de planejamento urbano e de recursos hídricos, para que estes sejam capazes de se desenvolver com uma maior adaptabilidade a perturbações. No caso do Brasil, esta

necessidade é justificada pelo fato de que além das questões referentes a um processo histórico de urbanização acelerada e precária, predominante para a maior parte das cidades brasileiras, há deficiências graves no tocante ao gerenciamento dos recursos hídricos (ALVES *et al.*, 2020; MARINHO, 2018).

Dessa forma, torna-se uma necessidade cada vez mais premente a busca por ferramentas de gestão dos recursos hídricos que visem a promoção da resiliência hídrica e a consequente redução da vulnerabilidade ao desabastecimento. A GDA (Gestão da Demanda de Água) por exemplo, propõe ferramentas de redução do consumo como alternativa às soluções como a expansão da oferta, através, por exemplo, do emprego de medidas como reuso de água pluvial, medição individualizada e uso de mecanismos poupadores.

Na região do semiárido que, diante da ocorrência de escassez hídrica tem, tradicionalmente, empregado como solução a expansão da oferta de água, por meio da busca de novas fontes hídricas (RÊGO *et al.*, 2017; ANA, 2019), a criação de uma cultura de economia de água através do emprego de equipamentos poupadores torna-se um desafio. Substituir equipamentos convencionais pelos poupadores ou propor restrições legais que impulsionem seu uso no setor da construção civil (nas fases de projeto e execução) exige, por parte da população, dos empreendedores e dos gestores uma compreensão coletiva dos impactos causados pela redução do consumo. O poder público exerce aqui o papel de incentivador, através de ações que beneficiem os consumidores que optarem pelo emprego dos mecanismos poupadores, por meio de redução no valor da conta de água, ou mesmo pela disponibilização dos mecanismos pela própria concessionária, de forma que os custos sejam incorporados ao valor da conta do consumidor.

No caso dos construtores, o poder público pode estabelecer ações que visem regulamentar a obrigatoriedade do emprego dos poupadores, seja em edificações novas ou já concluídas. Uma forma de promover isto é a inserção de novas diretrizes na legislação urbanística do município, que regula o uso e ocupação do solo (Plano Diretor Municipal, Código de Obras), estabelecendo, por exemplo, o número de unidades habitacionais (no caso de condomínios horizontais), e o número de pavimentos (no caso de edificações verticais), a partir do qual se tornaria obrigatório o emprego dos equipamentos poupadores.

Os complexos habitacionais vêm produzindo, desde o século XIX, cidades cuja questão central é a habitação popular, base do urbanismo moderno através da qual se procurava criar novos espaços que superassem os resultados negativos da industrialização quanto à moradia do trabalhador. Nos conjuntos habitacionais projetados, demonstrava-se a preocupação em garantir a moradia racionalizada e saudável, bem como o acesso à cidade e ao local de trabalho, a equipamentos comunitários, áreas verdes e vida em sociedade e, ainda, a uma nova dimensão social dada não apenas pela qualidade projetual e construtiva desses empreendimentos, mas também pela sua localização no espaço urbano e pela proposta de abrigar em um mesmo ambiente diferentes hierarquias de trabalhadores (FERRARI, 2014).

No caso de Campina Grande, onde foi feita a implantação de um complexo multimodal iniciada no ano de 2014, há diversas questões a serem discutidas acerca dos impactos ocasionados por este tipo de empreendimento, que vão desde modificações na dinâmica urbana até o aumento da demanda de recursos naturais. A partir da compreensão das mudanças e impactos trazidos por um projeto deste tipo, caracterizado na maioria das vezes por uma grande quantidade de unidades habitacionais, torna-se possível a realização de um planejamento urbano que leve em conta as novas demandas advindas destas mudanças.

Campina Grande, cidade de médio porte, possui todo o seu território localizado na região do semiárido brasileiro, e configura-se como um centro urbano que vivenciou um acelerado processo de urbanização em decorrência do seu desenvolvimento econômico, implicando em inadequações em suas condições ambientais e de habitabilidade, como a maioria dos centros urbanos brasileiros. Devido à sua vulnerabilidade ao desabastecimento diante da ocorrência de prolongados períodos de estiagem, ela se apresenta como um interessante objeto de estudo para a análise das suas potencialidades de melhoria de desempenho urbano (MARINHO, 2018).

O município, que está inserido na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, com seu território dividido entre as regiões do Médio Curso e do Baixo Curso deste rio, apresenta, de acordo com dados da AESA, pluviometria média anual de 800 mm, enquanto o reservatório responsável por seu abastecimento, o Açude Epitácio Pessoa, está localizado no limite entre as regiões do Alto e do Médio Curso do rio, e caracteriza-se por uma baixa pluviometria média anual, variando de 200 a 600 mm/ano. Tal peculiaridade na

distribuição espacial das chuvas evidencia a problemática da gestão das águas e ressalta a importância do conhecimento da variação climática da bacia, que possui, além disso, uma enorme diversidade de características físicas e uma grande extensão geográfica.

Neste contexto, este trabalho avalia a redução do consumo de água a partir da utilização de mecanismos poupadores nas tipologias habitacional e industrial de um complexo multimodal, como alternativa de suporte ao planejamento urbano, com vistas ao desenvolvimento de sistemas dotados de maior resiliência.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto do uso de mecanismos poupadores de água em uma área periurbana visando o suporte à resiliência de cidades e uma gestão sustentável do abastecimento de água.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Compreender as pressões e condições inerentes às áreas periurbanas no que tange ao planejamento de uma infraestrutura de abastecimento de água potável integrada ao processo de planejamento de uso e ocupação do solo;
- Realizar levantamentos de uso e ocupação do solo e estabelecer cenários de consumo de água convencionais e resilientes, para períodos presentes e futuros através das metodologias desenvolvidas, utilizando geotecnologias e simulações para um caso específico de uma área periurbana em fase de ocupação;
- Avaliar a redução do consumo de água a partir da utilização de cenários resilientes, visando o estabelecimento de parâmetros para a construção de novas edificações e subsídios para instrumentos reguladores do uso e ocupação do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EXPANSÃO URBANA

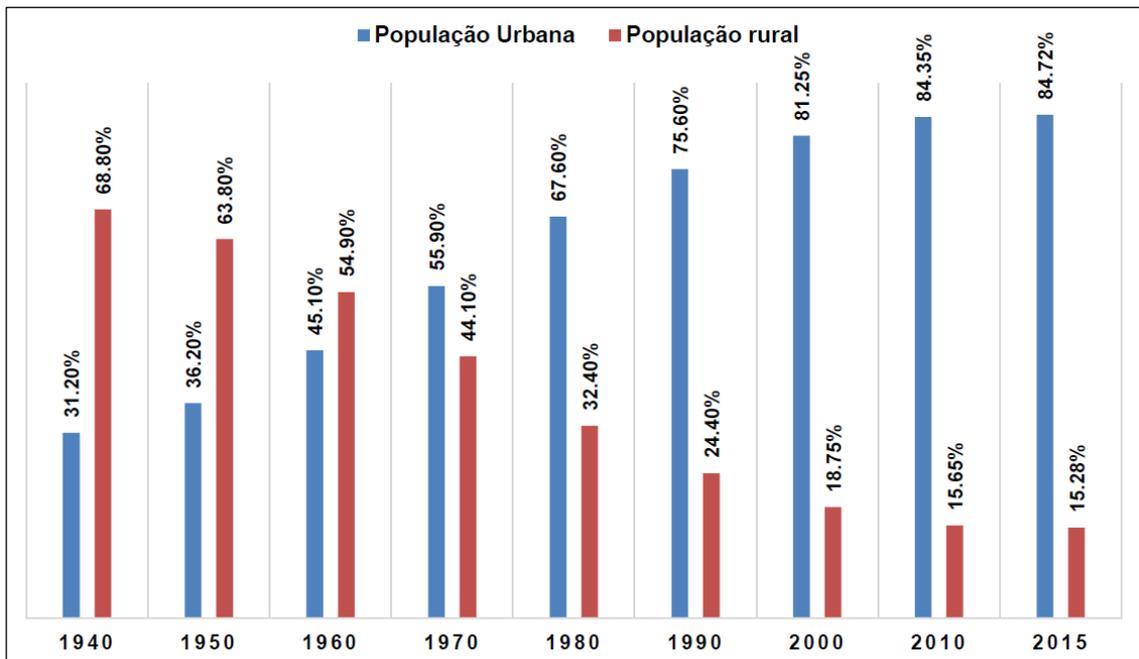
Apresentando-se como um espaço marcado pela mutabilidade, a cidade torna-se condicionante e reflexo dos processos sociais e econômicos que nela ocorrem ou sobre ela repercutem, refletindo-os em sua organização espacial (QUEIROZ *et al.*, 2019).

O processo de expansão urbana pode ser ocasionado por dois fenômenos distintos: transbordamento urbano e adensamento populacional. O primeiro refere-se à periferização de um centro principal sobre municípios vizinhos, devido, entre outros motivos, às especificidades da legislação, por novas relações do mercado imobiliário e menor crescimento populacional da cidade-polo. O segundo resulta, em grande parte, dos processos de migração e crescimento demográfico, acarretando o aumento da mancha urbana (CLEMENTINO e SOUZA, 2009).

Assim, a intensificação do processo de urbanização e o rápido crescimento das cidades, em âmbito mundial, foram dois dos fatos mais marcantes dos séculos XIX e XX. A urbanização no Brasil se intensificou com a modernização da agricultura e o advento da industrialização. A concentração das indústrias nas grandes cidades transformou-as em polos de desenvolvimento cultural, educacional e tecnológico e, enquanto provedoras de empregos, foram capazes de atrair significativo contingente populacional. Como consequência, o adensamento populacional e o desenvolvimento das atividades econômicas incorporaram uma nova organização na configuração espacial dessas cidades, bem como novas estruturas sociais e econômicas (ROSSETTI *et al.*, 2013).

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (2015), a maior parte da população brasileira, 84,72%, vive em áreas urbanas. A região com maior percentual de população urbana é o Sudeste, com 93,14% das pessoas vivendo em áreas urbanas. A Região Nordeste é a que conta com o maior percentual de habitantes vivendo em áreas rurais, 26,88%. A Figura 1 traz a evolução da população urbana e rural no Brasil.

Figura 1- Evolução da população no Brasil.



Fonte: IBGE (2017).

Segundo Martins *et al.* (2010), o progresso observado na migração de populações para os centros urbanos é uma realidade que se manterá no futuro e, com o que pode ser observado hoje, cada vez mais a maioria da população viverá em áreas urbanas e cada vez menos nas zonas rurais. Com base nisto, a infraestrutura urbana existente não é capaz de absorver tamanhas modificações, seja esta de demanda de água para consumo, capacidade de absorver as águas servidas e o aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados ou ainda o aumento da capacidade de fluxo no sistema viário.

Sendo assim, Tucci (2008) destaca os principais problemas relacionados com a infraestrutura e a urbanização em países como o Brasil:

- *Grande concentração populacional em pequena área*, com deficiência no sistema de transporte, falta de abastecimento e saneamento, ar, água poluída e inundações. Essas condições ambientais inadequadas reduzem condições de saúde, qualidade de vida da população, impactos ambientais, e são as principais limitações ao seu desenvolvimento;
- *Aumento da periferia* das cidades de forma descontrolada pela migração rural em busca de emprego. Esses bairros geralmente estão desprovidos de segurança, de

infraestrutura tradicional de água, esgoto, drenagem, transporte e coleta de resíduos sólidos;

- *Urbanização* que é espontânea e o planejamento urbano é realizado para a cidade ocupada pela população de renda média e alta. Para áreas ilegais e públicas, existe invasão e a ocupação ocorre sobre áreas de risco como de inundações e de escorregamento, com frequentes acidentes durante o período chuvoso.

Dessa forma, a preocupação com os problemas decorrentes da expansão urbana, bem como em relação às condições de vida da população residente em áreas periféricas, deve estar contemplada no processo de planejamento urbano (QUEIROZ *et al.*, 2019). O sistema de distribuição de água é um exemplo de estrutura urbana que traz grandes problemas caso não acompanhe o crescimento da cidade. Como em geral esse crescimento ocorre sem nenhum planejamento, é um desafio para as companhias de abastecimento de água atender a essas áreas de expansão (ARAÚJO *et al.*, 2011).

No caso da expansão planejada, a exemplo dos complexos habitacionais implantados nas áreas periurbanas das cidades, que são fruto da especulação imobiliária, em virtude principalmente da maior desvalorização de preço destes terrenos em relação às regiões centrais, e também de interesse do governo que, por meio de programas de financiamento, como o “Programa Minha Casa, Minha Vida”, traz para essas áreas empreendimentos de interesse social, ocupados pela população de renda mais baixa. Esse processo de expansão, embora planejado, não diminui os problemas de infraestrutura urbana, uma vez que há ainda grande desarticulação entre este processo e a ampliação dos serviços urbanos.

Ao tratar das mudanças ocasionadas pelo processo de urbanização, bem como seus impactos no consumo de recursos naturais, discussões sobre a promoção de cidades mais sustentáveis são impulsionadas. No Brasil, os debates sobre a sustentabilidade do espaço urbano passam a ser mais efetivos através da publicação da Lei Federal nº 10.257/2001, o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), que regulamenta os artigos sobre política urbana da Constituição Federal, e através da qual são efetivados instrumentos como os Planos Diretores, que se tornam os grandes responsáveis por operacionalizar as ações de planejamento urbano, e nos quais os parâmetros de sustentabilidade urbana trazidos pelo Estatuto da Cidade, devem estar incorporados (SCATOLA & TOMAZONI, 2018).

A sustentabilidade no processo de expansão urbana entra em questão com a necessidade de repensar como são concebidas, como crescem e se desenvolvem as cidades, o que deve acontecer, de acordo com estratégias de desenvolvimento com respeito aos aspectos ambientais. Nesta perspectiva, a resposta para a urbanização sustentável é a utilização consciente do ambiente evitando o desperdício, principalmente da água, solo e ar, que são os meios mais contaminados pela utilização irracional dos recursos. Para que uma urbanização sustentável aconteça, portanto, o processo de planejamento urbano deve ser feito por meio de novas abordagens, pautadas no princípio da precaução, trazendo à tona o conceito de cidades resilientes, preparadas em sua estrutura física e social, para enfrentar situações de risco (FARR, 2013; KENWAY *et al.*, 2019; MARCHESE *et al.*, 2020).

Segundo Maia (2010), a ocupação de áreas periféricas no Brasil ocorreu a partir de década de 1970, quando as cidades recebem um forte contingente migratório principalmente em função da concentração fundiária no campo. Estes migrantes, ao chegarem às cidades e não encontrarem habitação acessível, passam a ocupar as áreas de domínio público, particularmente aquelas que não estavam sob o comando do mercado imobiliário, produzindo as denominadas favelas e o consequente espraiamento das cidades.

O processo de expansão dos centros urbanos estimula o crescimento das fronteiras ou áreas periurbanas, criando espaços de difícil caracterização. As áreas periurbanas se localizam nas proximidades de centros urbanos, dispostas ao longo de eixos viários e cursos d'água. São áreas ocupadas por elementos antrópicos - indústrias, periferias, condomínios fechados - e por elementos naturais - lagos, rios, massas de vegetação - correspondendo a realidades de transição entre contextos urbanos com densidades, morfologia e usos diversos diferentes. Coincidem com situações residuais de um sistema territorial antropizado, permeados por relativamente poucas ocupações, à espera de modificações a partir da mudança de demandas. Em muitos casos, estas situações não apresentam um senso, são o resultado de ações cujos limites e fronteiras não levaram em conta os elementos já presentes no território. Nas cidades brasileiras, estas áreas podem ser formadas por regiões com grande dinamismo, por áreas de estagnação e muitas vezes, de marginalidade. Analisando estes espaços, é possível reconhecer tramas de edificações

com identidades próprias, diferentes níveis de consolidações ou densidades habitacionais (FRANÇA e BERGAMASCHI, 2011).

Sendo assim, em virtude do distanciamento das áreas periurbanas em relação às regiões centrais, a oferta de serviços, como os de saneamento básico, não é feita de forma homogênea para toda população residente nestas regiões (ALMEIDA *et al.*, 2012). Na opinião de Garcias e Sanches (2009), mediante a necessidade constante por novos territórios e a falta de infraestrutura e políticas adequadas, surgem situações de vulnerabilidade social, onde muitas famílias, sem condições econômicas para se instalar em áreas providas de infraestrutura de moradia acabam ocupando, legalmente ou não, territórios periféricos, estes sem qualquer adequação para receber assentamentos humanos, sendo muitos destes localizados em áreas de mananciais de abastecimento.

Além disso, esse espraiamento das cidades não resolve completamente o problema da moradia e ainda provoca a periferização, que traz consigo alguns malefícios: além da segregação espacial, resultante das grandes distâncias entre as áreas residenciais e o centro urbano; as dificuldades de acesso; e as infraestruturas limitadas, como serviços de abastecimento de água, energia, esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos. Tais malefícios impõem mais investimentos públicos, que muitas vezes não ocorrem, e acabam potencializando os problemas (MAIA, 2010). Dessa forma, conhecer as características desse espaço é de grande importância para entender as peculiaridades dessas localidades muitas vezes deixadas de lado, tanto pelos estudos que analisam o espaço urbano quanto por aqueles que pesquisam as áreas rurais.

Portanto, à medida que a população da cidade aumenta, demandam-se novas moradias, que ampliam a necessidade de novas vias de acesso, de aumento da oferta de água e energia, da intensificação da coleta de resíduos sólidos, ampliação dos transportes coletivos, entre outros. Por isso, para se perceber as necessidades e demandas de infraestrutura de uma cidade é de fundamental importância entender as dinâmicas espaciais que ocorrem no espaço urbano (BARROS *et al.*, 2016).

2.2 CONSUMO DE ÁGUA NAS CIDADES

O processo de expansão urbana traz consigo o aumento das demandas por serviços urbanos, especialmente os de saneamento básico. À medida que ocorre esse processo, que em geral não acontece de forma planejada, amplia-se a necessidade de aumento da oferta de água para o atendimento a essas áreas em expansão, tornando-se um desafio para as concessionárias de água.

Segundo o relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, da Agência Nacional de Águas (ANA), do total de água consumida no Brasil, 9,1% é destinado ao abastecimento urbano. A demanda por uso de água no país é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 26%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país (ANA, 2019).

Dessa forma, o conhecimento dos dados de demanda de água nos centros urbanos é de fundamental importância para o planejamento e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água. Na maioria dos casos, as companhias prestadoras de serviços de saneamento classificam os consumidores de água por categoria de consumo a fim de estabelecer políticas tarifárias e cobranças diferenciadas para cada categoria (ARAÚJO, 2012).

Nesta perspectiva, Tsutyia (2006) classifica os consumidores de água dos centros urbanos de acordo com as seguintes classes de uso:

- *Uso doméstico (ou residencial):* água consumida nas habitações, compreendendo as parcelas destinadas a fins higiênicos, potáveis e alimentares, e à lavagem em geral. Esta classe pode ser dividida como de uso interno e externo, dado que a água para o uso externo se destina à lavagem de calçadas, rega de jardins, lavagem de carros, entre outros., enquanto que a água para o uso interno destina-se ao consumo doméstico em geral;
- *Uso comercial:* várias são as atividades comerciais que utilizam água, de modo que essa classe de uso abrange desde pequenos até grandes

consumidores como, por exemplo: bares, restaurantes, hotéis, padarias, lanchonetes, lojas, shopping center, entre outros;

- *Uso industrial:* água de uso industrial pode ser utilizada para uso humano, uso doméstico, água incorporada ao produto, água utilizada no processo de produção e água perdida ou para usos não rotineiros.
- *Uso público:* parcela de água destinada à rega de jardins, lavagem de ruas e passeios, edifícios e sanitários de uso público, alimentação de fontes, esguichos e tanques fluxíveis de redes de esgoto.

Acrescenta-se a esses usos as perdas de água na distribuição, uma vez que podem representar desperdício de recursos naturais e que acabam, indiretamente, influenciando nos cenários de escassez hídrica. De acordo com Brasil (2019), o índice de perdas na distribuição no município de Campina Grande é de 26,67%, no estado da Paraíba é de 37,8%, e de 45,98% no Nordeste.

A urbanização é apontada como um dos principais fatores que influenciam diretamente na queda da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos (DIAS *et al.*, 2010). Com base nisto, os fatores que ameaçam uma desejada situação de equilíbrio entre oferta e demanda de água são o aumento populacional, principalmente nas áreas urbanas, e o crescimento econômico, que geram ampliação da demanda, bem como as mudanças climáticas e os seus efeitos nos eventos hidrológicos extremos. Esses fatores, associados à ausência de planejamento e ações institucionais coordenadas, e de investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento, desencadeiam a instalação de crises, tais como as que afetaram o Brasil nos últimos sete anos (ANA, 2019). Sendo assim, esse aumento da demanda tem imposto a adoção de programas para conservar a água (TUCCI, 2008).

2.3 SEGURANÇA HÍDRICA

A segurança hídrica representa um dos maiores desafios do século XXI. À medida que as populações crescem, a humanidade enfrenta a perspectiva de um futuro fornecimento de água incerto, devido às mudanças climáticas e demandas crescentes de água (WAGENER *et al.*, 2010). É um conceito emergente que agrega valor ao discurso de gestão da água urbana (BAKKER, 2012). Relacionam-se a este, conceitos como

sustentabilidade, resiliência, adaptação e gestão eficiente das águas urbanas (BAKKER e MORINVILLE, 2013).

De acordo com o conceito da Organização das Nações Unidas (ONU), a Segurança Hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias. Nesse sentido, o conceito se desdobra em quatro dimensões que balizam o planejamento da oferta e do uso da água em um território, descritas na Figura 2 (ANA, 2019).

Figura 2 - Dimensões da Segurança Hídrica.



Fonte: Adaptado de ANA (2019).

O acesso regular à água potável e segura, embora seja um direito humano básico, não tem sido estendido a toda a população, especialmente aquela encontrada em áreas periurbanas, esquecidas pelas políticas públicas de saneamento e saúde. Em todo o mundo, cerca de 3 em cada 10 pessoas (2,1 bilhões) não têm acesso à água potável e disponível em casa e 6 em cada 10, ou 4,5 bilhões, carecem de saneamento seguro, de acordo com o novo relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) (OMS e UNICEF, 2017).

No Brasil, o Nordeste desponta como uma região que, pela própria natureza, demanda atenção especial no tocante à oferta de água, particularmente o Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), que tem 88 % do seu território no Semiárido. Os baixos índices de precipitação, a irregularidade do seu regime, temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas (entre 2°C e 3°C), forte insolação e altas taxas de evapotranspiração aliadas às características hidrogeológicas, como a relevante presença de rios intermitentes, contribuem para os reduzidos valores de disponibilidade hídrica observados (ANA, 2018).

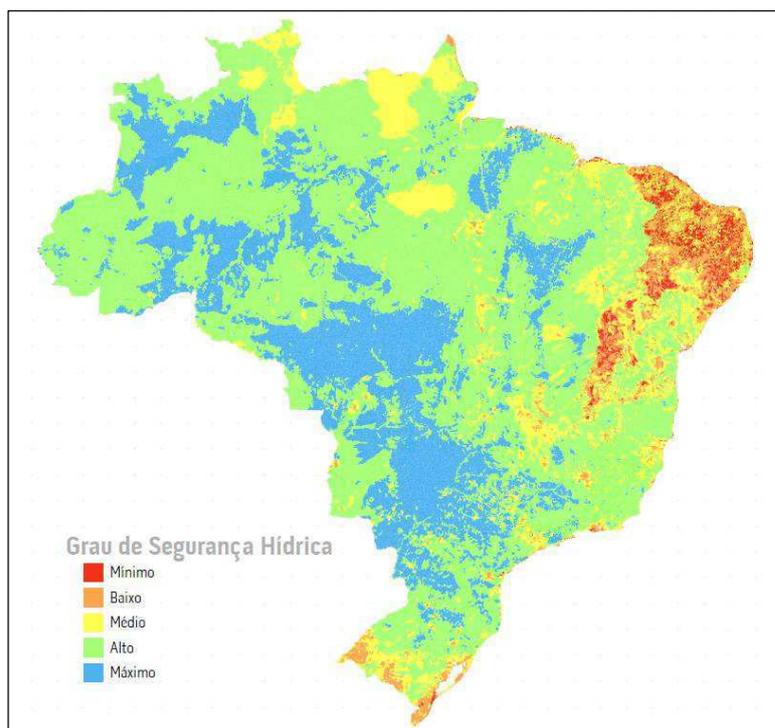
Dessa forma, o abastecimento de água, cada vez mais, tem preocupado os gestores públicos, pois a falta de acesso à água tem sido considerada fator de risco à saúde, além de limitante ao desenvolvimento. O não acesso à água potável e segura ou o acesso de forma intermitente compromete os usos menos imediatos e as condições de higiene. Essas situações induzem a busca de água em fontes alternativas, de qualidade sanitária duvidosa, ao uso de vasilhames não apropriados para seu acondicionamento e a condições inadequadas de transporte e armazenamento da água. Em casos de escassez, as práticas de higiene pessoal, doméstica e dos alimentos são comprometidas. Portanto, garantir a segurança hídrica tem importância fundamental para promover condições higiênicas adequadas, proteger a saúde da população e promover o desenvolvimento socioeconômico, principalmente em regiões de vulnerabilidade socioambiental (RAZZOLINI e GÜNTHER, 2008).

Garantir a segurança hídrica é visto por muitos como um desafio urgente, (CISNEROS *et al.*, 2014; STEFFEN *et al.*, 2015; LALL *et al.*, 2017), e a preocupação com este tema é reforçada pela perspectiva de que os impactos das mudanças climáticas sobre as pessoas serão sentidos primeiro e mais fortemente através do ciclo da água (STERN, 2007).

As medidas apropriadas para o alcance da segurança hídrica dependem do nível em que são concebidas: global, nacional, local ou individual. A segurança hídrica também é altamente dinâmica (SRINIVASAN *et al.*, 2017) e a análise da variação dos desafios hídricos dentro de um único país ou bacia hidrográfica permite uma identificação mais eficaz dos problemas e pode fornecer suporte aos tomadores de decisão (ROUSE, 2013).

Diante da complexidade e das adversidades das condições de suprimento de água à população e às atividades econômicas, a ANA e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) lançaram em abril de 2019 o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH). O PNSH definiu as principais intervenções estruturantes de natureza estratégica e relevância regional, necessárias para garantir a oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas, e melhorar a gestão dos riscos associados a eventos críticos (secas e cheias). O Plano partiu de uma análise criteriosa dos graus de segurança hídrica em todo o território nacional, mensurados por meio do Índice de Segurança Hídrica (ISH), cuja metodologia inovadora foi desenvolvida com dados advindos de diversos estudos pré-existentes da ANA e órgãos afins e aplicada em escala com alto grau de detalhamento. O ISH considerou quatro dimensões: *Humana, Econômica, Ecológica e de Resiliência*. Parte da região Nordeste, em virtude da sua natureza hidrometeorológica, apresentará, em 2030, grau de segurança hídrica mínimo (Figura 3).

Figura 3 - Índice de Segurança Hídrica do Brasil em 2030.



Fonte: ANA (2019).

Reconhece-se que o desafio para alcançar a segurança hídrica nas cidades é maior, e o foco nestes espaços urbanos é motivado por diversos fatores, entre eles, a crescente concentração de pessoas nessas áreas. Em primeiro lugar, as cidades geralmente dependem fortemente de infraestrutura para melhorar a segurança hídrica, por meio de transferência (McDONALD *et al.*, 2014; BROWN *et al.*, 2009), armazenamento (HALL e BORGOMEIO, 2013) e tratamento de água e esgoto, uma vez que para uma abordagem completa da segurança hídrica é necessário levar em consideração o impacto da infraestrutura. Em segundo lugar, as cidades geralmente dependem de outras jurisdições administrativas para ter acesso aos recursos hídricos e despejar as águas residuais, e isso tudo requer fortes mecanismos de coordenação, destacando a importância das instituições de governança para gerenciar essas relações.

Para reverter um quadro de *Insegurança Hídrica*, é possível atuar de modo tradicional mediante a implantação de infraestrutura hídrica e o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos (planejamento, controle do uso da água, monitoramento, operação e manutenção de sistemas hídricos, entre outros). Adicionalmente, é importante incorporar medidas para gestão de riscos, em detrimento da resposta a crises, o que envolve um conhecimento aprofundado da vulnerabilidade e da exposição do ambiente diante de algum evento, visando à proposição de ações dirigidas ao aumento da resiliência da área envolvida (ANA, 2019).

2.4 PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS

O processo de expansão das áreas urbanas, impulsionado principalmente na segunda metade do século XX, foi acompanhado de uma enorme exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente, do comprometimento do meio ambiente. Segundo Marinho (2018), esse crescimento se deu, de modo geral, de forma desarticulada às questões ambientais, gerando rápidas transformações no uso e na ocupação do solo, no aumento populacional desordenado e na demanda por recursos produzidos nas áreas externas aos limites urbanos, além do incremento na geração de resíduos e do aumento da contaminação do solo, do ar e da água.

O crescimento não planejado das cidades traz consigo impactos negativos nos balanços hídricos, em decorrência da retirada de vegetação da bacia hidrográfica, ao acelerado processo de impermeabilização do solo e às alterações nas redes de drenagem

(HAASE, 2009). Estas cidades, dessa forma, tornam-se vulneráveis à escassez de água e passam a apresentar incompatibilidades entre disponibilidade hídrica e crescimento populacional, o que pode levar a desafios de fornecimento (STAVENHAGEN *et al.*, 2018).

Com base nisto, Brown *et al.* (2009) afirmam que existe um desafio na gestão da água urbana, pautada na projeção da promoção de resiliência diante das mudanças climáticas, especialmente no que diz respeito à garantia no abastecimento de água e à proteção dos ambientes hídricos. De acordo com Grafton *et al.* (2015), gerenciar os recursos hídricos de maneira eficiente, eficaz e sustentável é um desafio essencial do serviço público nas cidades.

Com o intuito de garantir que a água seja integrada ao planejamento e *design* das cidades, a fim de proporcionar maior resiliência às mudanças climáticas, habitabilidade, eficiência e um senso de lugar para as comunidades urbanas, a IWA (*The International Water Association*) estabeleceu “Os 17 Princípios para Cidades Conscientes na Gestão da Água” (em inglês, *The 17 IWA Principles for Water-Wise Cities*), que têm como objetivo incentivar ações colaborativas, suportadas por uma visão partilhada, para que as autoridades locais, os profissionais urbanos e os demais indivíduos se comprometam ativamente em abordar e procurar soluções para a gestão da água urbana. Os 17 princípios são agrupados em 4 categorias de ações, de acordo com a Figura 4.

Figura 4 - Categorias de Ações para Cidades Conscientes na Gestão da Água.

SERVIÇOS REGENERATIVOS DE ÁGUA	PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS	CIDADES CONECTADAS ÀS SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	COMUNIDADES CONSCIENTES NA GESTÃO DA ÁGUA
<ul style="list-style-type: none"> Recarregar as massas de água e os seus ecossistemas; reduzir a quantidade de água e energia usadas; reutilizar, recuperar e reciclar; utilizar uma abordagem sistêmica integrada a outros serviços 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar os serviços regenerativos de água; conceber espaços urbanos de forma a reduzir os riscos de inundação; alterar e adaptar equipamentos urbanos para minimizar impactos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> Planejar para garantir segurança hídrica e mitigar a seca; proteger a qualidade dos recursos hídricos; planejar para eventos extremos 	<ul style="list-style-type: none"> Profissionais e cidadãos conscientes dos benefícios de uma gestão sustentável da água; equipes de planejamento multidisciplinares; agentes políticos que potencializem ações conscientes na gestão da água

Fonte: Adaptado de IWA (2019).

Para Wong e Brown (2009), a abordagem da cidade sensível à água é particularmente focada na questão de "como" transformar as cidades reconectando as melhores ideias e práticas de gestão urbana da água, planejamento urbano e sistemas sociais e institucionais. A cidade sensível à água é aquela que minimiza a importação de água potável e a exportação de águas residuárias, “de” e “para” áreas externas aos limites urbanos, otimizando o uso dos recursos hídricos dentro da própria cidade. Neste contexto, o planejamento de cidades sensíveis à água compreende o atendimento das demandas hídricas urbanas através da gestão integrada, proporcionando segurança hídrica e um melhor uso dos recursos. De acordo com Renouf *et al.* (2017), algumas cidades da Austrália, como Melbourne, Sydney e Perth tentam se adaptar a essa perspectiva.

Impulsionados por mudanças de paradigma como a limitação dos recursos naturais, o processo de densificação de cidades como ameaça à qualidade de vida, e as incertezas futuras que comprometem a base do planejamento urbano, como o crescimento populacional e as mudanças climáticas, os Princípios para Cidades Conscientes na Gestão da Água devem ser implementados, e para que seus objetivos sejam alcançados, devem enquadrar todas as categorias de cidades, desde as que possuem uma infraestrutura em transição, até as que apresentem infraestruturas já existentes (em funcionamento ou obsoletas), de forma que todas possam abordar as mudanças de paradigma referidas. Dessa forma, os Princípios devem ser aplicados ao ritmo da renovação dessas infraestruturas, de acordo com estratégias de gestão responsável (IWA, 2019).

A gestão sustentável do ciclo urbano da água é definida pela IWA como “todas as águas urbanas utilizadas e geridas por comunidades conscientes na gestão da água, em cidades ligadas às suas bacias hidrográficas, construídas de forma atenta às questões hídricas, para minimizar os riscos de curto prazo, preservar os recursos e melhorar a qualidade de vida, através de um Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos e de Serviços de Água Regenerativos para todos”.

Ferguson *et al.* (2013) acreditam que os atuais sistemas de gestão de água, caracterizados pela fragmentação de suas instituições, não são mais capazes de lidar com os desafios da água no atual contexto de incerteza e complexidade. Propõem então, que é necessária uma mudança nas abordagens de gestão das águas urbanas, para que se possa tratar estas complexidades assegurando simultaneamente a prestação satisfatória de serviços de água aos cidadãos. Uma dessas abordagens é justamente uma das quatro

categorias dos Princípios para Cidades Conscientes na Gestão da Água da IWA - o Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos (em inglês *Water Sensitive Urban Design - WSUD*).

Segundo Wong (2006), os princípios fundamentais do Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos são os apresentados e descritos na Figura 5. Os princípios descritos por Wong (2006) possuem grande relevância no âmbito da concepção de cidades sensíveis à água, e, se implementados, contribuem para a melhor conservação dos recursos hídricos, e a um maior equilíbrio entre os ambientes natural e construído.

Figura 5 - Princípios do Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos.



Fonte: Adaptado de Wong (2006).

O Planejamento Urbano Sensível aos Recursos Hídricos está relacionado, portanto, a uma evolução na forma como se vê a água nas cidades, ao mesmo tempo em que se propõe uma evolução na forma de avaliá-la. Tradicionalmente, os sistemas urbanos importam água de fontes externas aos seus limites, fazem uso dela, e a descarregando em forma de água residuária no meio ambiente. Além disso, os demais processos decorrentes da urbanização, como o aumento de áreas impermeáveis, que alteram a hidrologia (com aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração e da infiltração),

distanciam os sistemas urbanos dos sistemas naturais. A intenção do conceito de cidade sensível à água é aproximar o ambiente construído aos sistemas naturais pré-existentes (HAASE, 2009; RENOULF *et al.*, 2016).

Com o esforço para melhorar a sustentabilidade e a resiliência das cidades, surge outro importante conceito, o de Sistemas de Água Inteligentes (em inglês, *Smart Water Systems*) que, segundo Hill *et al.* (2014), são sistemas que utilizam tecnologias emergentes para fornecer uma gestão adaptativa e integrada dos recursos hídricos. De acordo com Wu *et al.* (2015), as características desses sistemas incluem monitoramento com instrumentação (como sensores para detectar bloqueios, vazamentos ou contaminantes), gerenciamento e análise de dados, recuperação ou extração de informações, análise sistemática, entre outras. As informações fornecidas por tais sistemas podem contribuir para o processo de tomada de decisão relativo à melhoria da sustentabilidade e da eficiência do abastecimento urbano de água.

A necessidade de economizar água é uma tarefa de particular importância nas organizações modernas, onde as cidades estão continuamente em desenvolvimento e a população está em constante crescimento. Além disso, ao implementar as orientações para o consumo sustentável de água, é extremamente relevante enfatizar a necessidade de adaptar a infraestrutura existente às mudanças nas demandas da sociedade (BAK, 2018).

Dessa forma, visando o suporte ao atendimento das crescentes demandas de água e à proteção dos mananciais, são adotados Sistemas de Economia de Água que, por meio de ações voltadas à gestão da demanda de água, como a adoção de equipamentos poupadores de consumo, da diversificação de fontes hídricas, a exemplo da captação e uso de água de chuva, e do reuso de águas residuárias objetivam a promoção do uso mais racional da água, bem como a sustentabilidade hídrica.

Diante da existência de todos os desafios relacionados ao desenvolvimento de um planejamento urbano que leve em conta a preocupação com os recursos hídricos, um dos questionamentos a ser respondido é o quão “sensível” poderá ser a cidade, através de um uso mais racional dos recursos hídricos.

2.5 RESILIÊNCIA URBANA

A importância da conscientização acerca das mudanças climáticas no planejamento urbano aumentou nas últimas décadas devido a ocorrências mais frequentes de eventos climáticos extremos. Conceitos como mitigação, adaptação e resiliência têm se tornado mais proeminentes, tanto para prevenir quanto para lidar com os distúrbios relacionados ao clima.

Entre essas novas abordagens, as noções de resiliência urbana e planejamento resiliente ganharam atenção e interesse cada vez maiores nos últimos anos nas áreas de gestão ambiental e planejamento urbano. Uma definição simples de resiliência é a capacidade de uma cidade absorver distúrbios enquanto mantém suas funções e estruturas em funcionamento (WHITE, 2010). Com relação ao clima, uma cidade é considerada resiliente quando tem a capacidade de resistir ao estresse causado pelas mudanças climáticas, de responder efetivamente aos riscos relacionados a estas e de se recuperar rapidamente de impactos negativos residuais (HENSTRA, 2012).

Na opinião de Folke (2006), um sistema resiliente é interpretado como: (i) a quantidade de perturbação que o sistema possa absorver e ainda permanecer no mesmo estado; (ii) capacidade de auto-organização (*versus* falta de organização ou organização forçada por fatores externos); e (iii) o grau em que o sistema pode construir e aumentar a capacidade de aprendizado e adaptação. Resiliência não é apenas ser resistente ou robusto à perturbação, também reflete como o sistema cria oportunidades a partir do distúrbio para renovação e busca de novas soluções.

Para Mehmood (2016), a resiliência urbana, portanto, é pautada no planejamento, formulação de políticas e orientação estratégica, na qual as comunidades desempenham um papel vital para a formação de sistemas resilientes, através de sua capacidade de aprendizado, robustez, capacidade de inovar e adaptabilidade à mudança.

Em um contexto de mudanças climáticas globais, as cidades tendem a ser atingidas por fenômenos climáticos extremos de maior frequência e intensidade. Tendo em vista a tendência de concentração da população nas cidades, o planejamento urbano precisa incorporar o conhecimento das vulnerabilidades e dos riscos aos quais a população está sujeita para poder propor medidas de mitigação e adaptação que aumentem a resiliência urbana (IPCC, 2007).

Com base nisto, a busca por resiliência é uma necessidade premente, diante de um contexto urbano cada vez mais incerto, caracterizado pela desarticulação entre o processo de expansão urbana e a conseqüente necessidade de ampliação da infraestrutura. O semiárido brasileiro, região que possui características como baixos índices de precipitação, irregularidade do seu regime, temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação, altas taxas de evapotranspiração e ocorrência de eventos extremos, apresenta, em virtude disso, uma menor disponibilidade de água e conseqüentemente maior vulnerabilidade hídrica. Soma-se a isso a gestão deficiente dos recursos hídricos, que busca, historicamente, a expansão da oferta de água como solução para o problema da escassez, em uma região onde já existe baixa disponibilidade hídrica.

2.6 GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA: UMA FERRAMENTA PARA A PROMOÇÃO DE CIDADES MAIS RESILIENTES

A gestão das águas em áreas urbanas possui uma estreita relação com a gestão dos serviços de saneamento. No Brasil, cada um desses serviços é regulamentado por diferentes instrumentos legais, sendo o primeiro regido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/97, que envolve o aproveitamento, conservação, proteção e recuperação da água bruta em quantidade e qualidade aos usos exigidos (BRASIL, 1997), e o segundo, pela Política Nacional de Saneamento Básico, Lei nº 11.445/07, que diz respeito ao abastecimento de água potável, à coleta e tratamento de águas residuárias, à drenagem de águas pluviais e à limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

No contexto urbano, há a necessidade de que o gerenciamento de recursos hídricos e dos serviços de saneamento se desenvolvam de forma articulada, uma vez que o abastecimento urbano de água está condicionado tanto à conservação dos recursos hídricos quanto à melhoria dos serviços de saneamento. Simultaneamente a isso, nota-se que a solução para suprir a crescente pressão sobre os mananciais e as limitações da disponibilidade hídrica é, historicamente, marcada pela busca de novas fontes hídricas, sendo necessários mananciais cada vez mais distantes e uma crescente complexidade da infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas (MARINHO, 2018).

Com relação aos instrumentos legais que orientam a ocupação do solo, destaca-se o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. A Lei estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Além disso, confere aos municípios a responsabilidade pela elaboração do Plano Diretor, que é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana (BRASIL, 2001).

Considerando os diferentes arranjos institucionais referentes ao planejamento urbano, à gestão da água e aos serviços de saneamento, a solução para contribuições à sustentabilidade e resiliência hídricas urbanas deve, necessariamente, ser pautada em uma gestão integrada e adaptativa, que considere tanto a gestão da oferta de água, englobando o abastecimento por fontes convencionais e também por fontes alternativas (tais como águas residuárias e águas pluviais), quanto a gestão da demanda, abrangendo a adoção de medidas de uso racional da água, unindo ainda estas questões ao planejamento da ocupação do solo (MARINHO, 2018).

Nesse contexto, a Gestão da Demanda de Água (GDA) torna-se uma ferramenta imprescindível na efetiva aplicação e funcionamento da Gestão Integrada de Recursos Hídricos, pois prevê adoção de medidas de diferentes modalidades com o intuito de viabilizar o uso eficiente deste recurso, tendo em vista que, apenas gerenciar adequadamente a oferta de água nas fontes em termos de qualidade e quantidade não é suficiente, tem-se que também realizar o controle e a otimização dos usos da água nos pontos de consumo (GUERRA, 2014). Sharma e Vairavamoorthy (2009) pormenorizam as medidas de gestão da demanda, que podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

- *Tecnológicas*, incluindo o controle de perdas e ligações clandestinas nas redes de distribuição de água, com micro e macromedição e/ou sistemas automatizados de monitoramento das redes; o uso de aparelhos hidrossanitários; a medição individualizada do consumo de água, inclusive em condomínios verticais; e o uso de fontes alternativas de abastecimento, como água de chuva ou de reuso; entre outras;

- *Econômicas e financeiras*, abrangendo estímulos fiscais para redução de consumo e adoção de novos instrumentos tecnológicos; tarifação que estimule o uso eficiente, sem penalizar os usuários mais frágeis, economicamente; estímulo ou penalização financeira que induza o aumento da eficiência da concessionária de serviços de abastecimento público; cobrança pelo uso da água bruta; entre outros; e
- *Sociopolíticas*, que incluem ações regulatórias/ institucionais (legislação que induza o uso racional da água; regulamentação de novos sistemas construtivos e de instalações prediais; entre outras) e ações educacionais (incorporação da questão hídrica nos currículos escolares; programas de educação ambiental; campanhas de esclarecimento; entre outros).

A necessidade da GDA fica ainda mais evidente em centros urbanos de regiões áridas e semiáridas de países em desenvolvimento (caso de grande parte do Nordeste brasileiro), onde as condições climáticas, somadas a sistemas de abastecimento obsoletos e à inadequação ou ausência da gestão de recursos hídricos, determinam o surgimento de graves problemas de abastecimento de água, dificultando o atendimento das demandas quantitativas e qualitativas da população (ALVES *et al.*, 2020; RÊGO *et al.*, 2014).

Portanto, em um cenário mundial onde as demandas de água doce estão crescendo continuamente e onde os recursos hídricos limitados são cada vez mais desgastados por excesso de captação, poluição e mudanças climáticas, negligenciar as oportunidades decorrentes da gestão melhorada de águas é nada menos que impensável (UN WATER, 2018).

2.6.1 Uso de mecanismos poupadores de consumo

De acordo com a ONU, dois terços da população mundial atualmente vivem em áreas que passam pela escassez de água por, pelo menos, um mês ao ano. Entre as causas de abastecimento inadequado de água estão o uso ineficiente, a degradação da água pela poluição e a superexploração das reservas de águas subterrâneas. Ações corretivas visam a alcançar uma melhor gestão dos escassos recursos de água potável, com foco particular na oferta e na demanda, quantidade e qualidade (UN WATER, 2018).

Nas habitações, a economia da água, resultante de mecanismos tecnológicos, pode ser realizada de formas distintas: a) a partir do aproveitamento de águas pluviais e b) com

a implantação de redes de distribuição separadas, uma exclusiva para água potável e outra para água de reuso (BARROS, 2013).

Como alternativa para promover economia de água nas edificações e, dessa forma, servir de instrumento para a garantia da segurança hídrica, a GDA por exemplo, propõe ferramentas de redução do consumo (ARAÚJO *et al.*, 2019; ABANSI *et al.*, 2018; GUEDES *et al.*, 2014), dentre elas, os mecanismos poupadores (BARROS *et al.*, 2016; SCHEIN *et al.*, 2019).

Acredita-se que o processo de conscientização do uso racional da água tem influenciado a utilização cada vez maior de mecanismos poupadores de água. Dessa forma, essa nova abordagem tem levado os setores de pesquisa e fabricação a desenvolverem maneiras de reduzir cada vez mais o consumo de água nas habitações.

Vale ressaltar que, com relação às tecnologias economizadoras, existe a apropriação cultural de alguns equipamentos, visto que, nos últimos anos, a sociedade vem sofrendo transformações que estão refletindo diretamente na relação entre o homem e o meio ambiente. As pessoas têm se preocupado mais com a conservação dos recursos naturais; os poderes públicos têm criado meios de estabelecer um desenvolvimento sustentável; as empresas exploram, cada vez mais, a temática da sustentabilidade como autopromoção, e com isso criam produtos e serviços ecologicamente corretos (BARROS, 2013).

Como consequência desse processo, há um maior acesso pela população a esses produtos denominados “ecologicamente corretos”, que têm sido incorporados aos poucos ao cotidiano das pessoas.

Programas bem-sucedidos de GDA foram implementados em todo o mundo. Como experiência internacional bem sucedida, ressalta-se um caso dos Estados Unidos, onde a sua Agência de Proteção Ambiental (em inglês, *U.S. Environmental Protection Agency - EPA*) lançou em 2006, em resposta à necessidade da população e da concessionária de água por produtos confiáveis que reduzissem o consumo de água residencial e comercial, o *WaterSense*®, programa de rotulagem de produtos. Como parte deste, a EPA estabeleceu um processo de certificação de produtos, atestando-os como poupadores de água. A agência coloca sua etiqueta *WaterSense*® em produtos que são mais eficientes do que os padrões federais e atendem a um conjunto de especificações técnicas de eficiência e desempenho. O programa inclui banheiros, torneiras, chuveiros e aeradores

de torneira rotulados para o setor residencial; e banheiros com válvulas de descarga, mictórios e válvulas de *spray* de pré-lavagem para o setor comercial e institucional. Desde que a EPA lançou o programa *WaterSense*® há mais de 10 anos, os americanos economizaram 1,5 trilhão de galões de água. Além de economizar água, os produtos com etiqueta *WaterSense*® economizam a energia associada ao tratamento, bombeamento e aquecimento de água (SCHEIN *et al.*, 2019).

No Brasil, especificamente em Campina Grande-PB, Barros *et al.* (2016) apresentou uma proposta de utilização de equipamentos poupadores de consumo de água em edifícios em construção no bairro Catolé, e verificou o quanto a utilização desses equipamentos contribuiria para a redução da demanda de água. O trabalho apresentou resultados que indicaram que a utilização dos equipamentos poupadores reduziria em 83,26% o consumo final de água em edifícios verticais.

2.6.2 Exemplos de Mecanismos Poupadores

Bacia Sanitária

Segundo Franco Júnior (2007), uma bacia sanitária tradicional, com válvula de acionamento do tipo “hidra”, pode gastar até 20 litros de água por acionamento, enquanto uma bacia sanitária com caixa acoplada de acionamento simples, gasta 6 litros por acionamento. Com a evolução do setor, o mercado passou a oferecer também a opção de bacia sanitária com caixa acoplada cujo acionamento é duplo (Figura 6), na qual as descargas dos resíduos líquidos que antes eram feitas com 6 litros passaram a ser feitas com 3 litros. Encontra-se disponível também a opção do *kit* com acionador duplo para caixa acoplada (Figura 7), que consiste no conjunto de dispositivos para a adaptação da bacia sanitária de acionamento simples para duplo (3 ou 6 litros por uso), dispensando a troca de todo o conjunto da bacia. Para Mierzwa *et al* (2006), a cada quatro vezes que a bacia é utilizada, uma é para o arraste sólidos e as três demais são para líquidos, portanto, com essas três descargas consumindo a metade da água, a economia gerada pela substituição da bacia sanitária de acionamento simples pelo duplo atinge 75% do consumo.

Figura 6 - Bacia sanitária de acionamento duplo.



Fonte: Casa & Construção (2020).

Figura 7 - Kit com acionador duplo para caixa acoplada.



Fonte: Casa & Construção (2020).

No Brasil, foi desenvolvida em 2014 uma bacia sanitária que utiliza apenas dois litros de água a cada acionamento (Figura 8). Segundo o idealizador do projeto, um dos segredos para a eficiência é a ausência de sifão. Assim, um basculante despeja os dejetos diretamente na prumada do esgoto. Enquanto os sanitários tradicionais gastam um litro de água para preencher o sifão e evitar o mau cheiro, o modelo desenvolvido usa apenas 200 ml. O produto recebeu o selo hídrico, e é recomendado pelo *Green Building Council Brasil*, Organização não Governamental que visa fomentar a indústria de construção sustentável no Brasil. A bacia apresenta ainda como diferencial o uso do polímero ABS

(Acrilonitrilo-butadieno-estireno) na fabricação, mais resistente do que a louça utilizada nos vasos comuns (ROSA, 2019).

Figura 8 - Bacia sanitária econômica em ABS.



Fonte: ROSA (2019).

Dentre as mais modernas, encontra-se a bacia sanitária que utiliza uma tecnologia de vácuo assistido, que proporciona descarga rápida, eficiente e eficaz consumindo apenas 3,0 litros para resíduos sólidos – tornando-se mais econômica que as atuais de acionamento duplo. Embora não sejam largamente empregadas em residências, as bacias a vácuo assistido vêm ganhando espaço em locais públicos onde há interesse em economizar água. Conhecida por ser usada em aviões, a tecnologia pode ser vista em aeroportos, shoppings, entre outros (FURST, 2016). Dentre as desvantagens estão a geração de ruído e o preço.

O funcionamento do sistema se dá da seguinte maneira: após o acionamento da descarga, a água enche uma câmara interna especial que está escondida dentro da caixa de descarga. À medida que essa câmara interna é preenchida, o ar no topo é empurrado para baixo através de um tubo de transferência para o sifão. Uma pressão positiva é exercida sobre a água na bacia pelo ar, sendo forçado através do tubo de transferência no sifão, elevando o nível da água na bacia do vaso sanitário e aumentando a área da superfície de água, além do que seria esperado em um vaso sanitário com apenas 3,0 litros por descarga (BARROS, 2013).

Dessa forma, quando a descarga é acionada, a água que sai da câmara interna cria um vácuo - despressurizando o trapézio. Essa despressurização cria uma força de sucção que puxa a água da bacia através do sifão. Durante a descarga, o sifão é totalmente preenchido com água. O mecanismo de vácuo assistido ajuda a bacia sanitária a transportar uma quantidade significativa de resíduos com muito pouca água (Figura 9) (WILSON, 2010).

Figura 9 - Bacia sanitária com tecnologia de vácuo assistido.



Fonte: WILSON (2010).

Torneira

As torneiras são dispositivos de controle de fluxo que, quando acionadas, liberam um determinado volume de água por tempo, podendo ser controlada para uma determinada utilidade, apresentando dois aspectos para economia de água (SCHMIDT, 2004): 1- controle do tempo de acionamento; 2- controle de vazão.

De acordo com Franco Junior (2007), uma torneira tradicional de fluxo contínuo consome até 9 litros da água por minuto, dependendo da pressão da água, pode-se chegar a 20 *l/min*. Segundo Soares (2012), os modelos econômicos disponíveis no mercado baseiam-se no sistema hidromecânico, por sensor de presença, por válvula de pé, por pedal, entre outras. Existem elementos que são adicionados à torneira que funcionam como redutores de vazão de água, os conhecidos arejadores.

As torneiras hidromecânicas são as torneiras que se desligam após algum tempo ligadas, ou seja, são torneiras com temporizador. Essas torneiras com temporização de

ciclo (Figura 10) funcionam através do ato de pressionar a válvula para liberação da água e a partir daí o fechamento é automático. O tempo de liberação do fluxo deve ser bem estabelecido, para que não seja curto demais e prejudique o processo de lavagem, e para evitar dessa forma um novo acionamento da torneira, causando desconforto e excesso de consumo de água.

Figura 10 - Torneira de fechamento automático.



Fonte: LEROY MERLIN (2019).

As torneiras por sensores (Figura 11) funcionam através da detecção da presença das mãos do usuário. Quando alguém se aproxima, o sensor óptico envia um sinal para uma peça que libera a saída de água. Isso faz com que o fluxo exista apenas enquanto as mãos estão próximas à peça. Soares (2012) afirma que este equipamento necessita de alimentação elétrica ou do uso de baterias alcalinas. A sua desvantagem está no fato que ao ocorrer interrupção no fornecimento de energia elétrica, o sistema não funciona, e no caso das baterias deve haver uma manutenção periódica para a substituição quando descarregar.

Figura 11 - Torneira com sensor de presença.



Fonte: LEROY MERLIN (2019).

Franco Junior (2007) considera que é necessário apenas um litro de água para uma lavagem de mãos. Na China, um trio de designers desenvolveu uma torneira que bloqueia a água após o uso do primeiro litro (Figura 12). A torneira possui uma espécie de tubo de ensaio que armazena, exatamente, um litro de água. Quando acionada, ela esvazia o reservatório em cerca de seis segundos, e depois seca. Se quiser mais água, o usuário terá que esperar o tubo de ensaio encher completamente, de novo. Por enquanto, a torneira é apenas um protótipo, sem data para chegar ao mercado (SPITZCOVSKY, 2016).

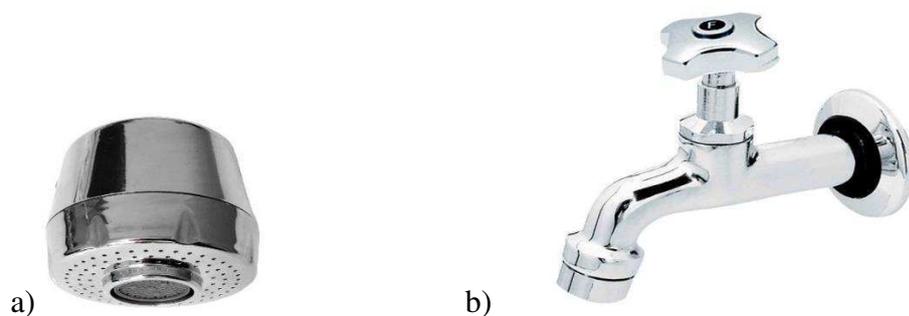
Figura 12 - Torneira economizadora de água.



Fonte: SPITZCOVSKY (2016).

Outra estratégia para reduzir o consumo de água em torneiras seria a utilização de um arejador. Os arejadores (Figura 13-a) são dispositivos reguladores e abrandadores do fluxo de saída de água, instalados na extremidade da torneira (Figura 13-b) para promover o direcionamento do fluxo evitando dispersões laterais (respingo) e amortecimento do jato de água. Possui orifícios laterais para entrada de ar durante o funcionamento da peça, dando a impressão de maior vazão.

Figura 13 – a) Dispositivo arejador para torneiras. **Figura 13 – b)** Torneira com arejador.



Fonte: CASA & CONSTRUÇÃO (2019).

Chuveiro

Para promover a economia de água em chuveiros, o setor da construção civil conta com opções como dispositivos restritores de vazão, aeradores e mais recentemente, os chamados chuveiros inteligentes.

O restritor de vazão (Figura 14) é um dispositivo que limita a quantidade de líquido que sai de um chuveiro ou torneira, instalado na entrada de água. É encontrado com diversas vazões, sendo as mais comuns de 9 e 14 *l/min*. Dependendo da vazão escolhida, reduz o consumo de água em até 55%.

Figura 14 – Dispositivos restritores de vazão para chuveiros.



Fonte: AREJADOR (2020).

Os chuveiros com dispositivo aerador (Figura 15) possuem uma tecnologia com um sistema que adiciona uma certa quantidade de ar dentro da tubulação de água no chuveiro, fazendo com que a pessoa, ao utilizar este aparelho, tenha a sensação de estar se molhando, porém com menor volume de água consumido. Esse tipo de chuveiro pode proporcionar uma economia de água de até 40%.

Figura 15 - Chuveiro com aerador.



Fonte: OBRA FÁCIL (2019).

Além dos chuveiros com restritor de vazão e com aerador, tem-se ainda o chuveiro inteligente (Figura 16), desenvolvido por um *designer* norte americano. Consiste em um equipamento que conta com um sensor próximo à saída de água que reconhece a presença da pessoa abaixo dele. O funcionamento assemelha-se ao das torneiras e iluminadores

que dispõem do mesmo dispositivo. Outro benefício do chuveiro inteligente é seu controle por pressão que reduz a quantidade de água gasta durante o banho (ECYCLE, 2019).

Figura 16 – Chuveiro inteligente.



Fonte: ECYCLE (2019).

Reuso de água

Nas instalações hidrossanitárias, a água é o principal recurso natural envolvido. Assim, é uma necessidade imediata repensar a engenharia das instalações hidrossanitárias prediais para racionalizar o consumo, otimizando oferta, consumo, desperdício e reaproveitamento. Como desafio, o reuso da água em edificações é um fator para um novo pensar das instalações hidrossanitárias. As velhas práticas já não servem mais e o futuro exige uma forma de projetar, em que o reuso da água seja um dos elementos fundamentais das mudanças exigidas (MALDONADO, 2019).

Dessa forma, como opção para a redução do consumo de água potável, torna-se adequado o aproveitamento de água de chuva e o reuso de águas cinzas como fontes alternativas para fins menos nobres, como irrigação, rega de jardins, lavagem de rua e descarga em bacias sanitárias.

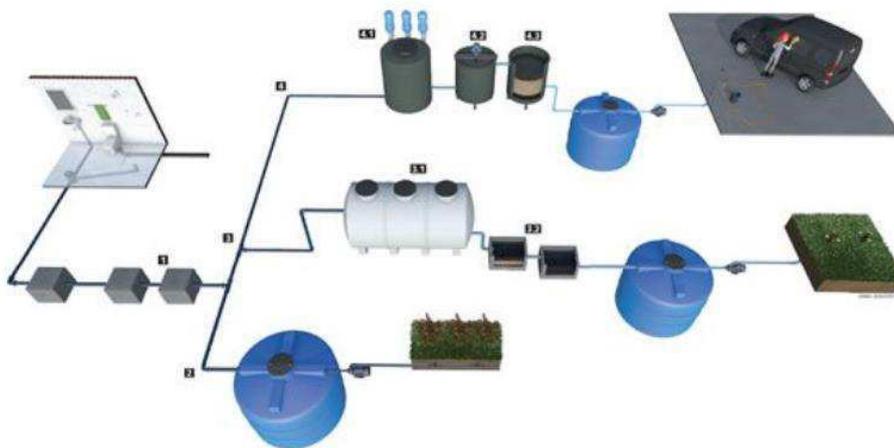
Entretanto, como a qualidade das águas cinzas pode variar muito, podendo conter a presença de agentes patógenos e causar dessa forma riscos à saúde humana, são necessários alguns cuidados para evitar riscos de contaminação, como o uso de sistemas hidráulicos e reservatórios independentes e identificados, torneiras de acesso restrito,

programas de informação e capacitação de equipes e monitoramento constante (COSTA e ILHA, 2009).

Com um tratamento adequado em edificações ou habitações populares, que pode ser feito em diferentes níveis, é possível reaproveitar essa água. Normalmente, o reuso é destinado principalmente para irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias. Para montar um sistema eficiente de reuso de águas cinza é necessário que sua captação, na fonte, seja separada da água negra por tubulações independentes. A definição de qual será o sistema e a instalação do equipamento adequado para tratamento é determinada pelo reuso desejado e possível - reuso direto, com filtragem e com tratamento completo (Figura 17) (CORSINI, 2012).

Mierzwa *et al.* (2006) classifica a lavagem de calçadas e terraços como "outros usos" e, segundo o mesmo, representa 3% do consumo total da edificação, considerando que toda a água destinada ao uso determinado será substituída pela água de reuso.

Figura 17 - Sistema de reuso de águas cinzas.



Fonte: CORSINI (2012).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

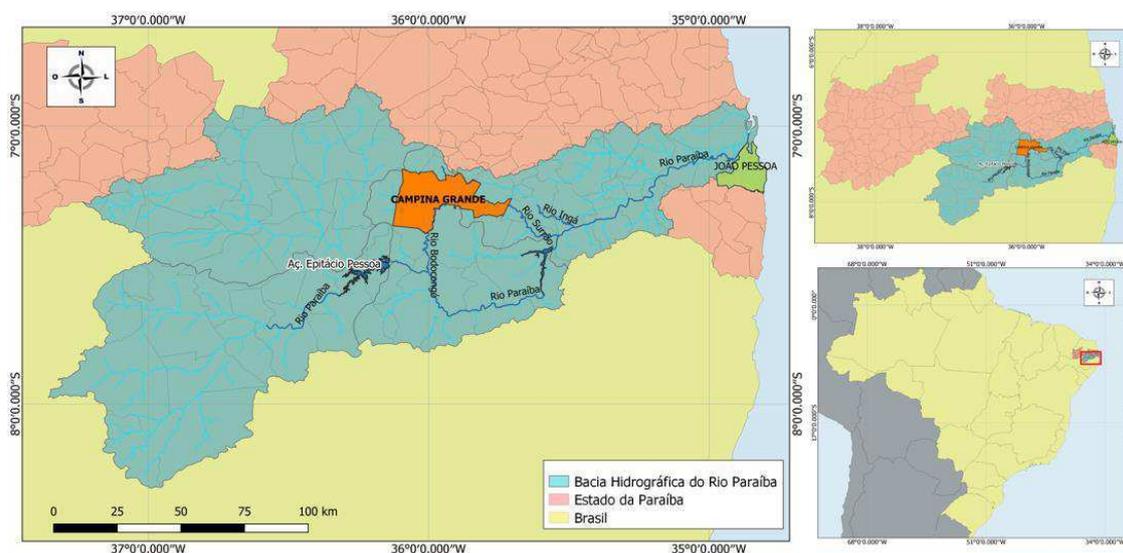
3.1 ASPECTOS GERAIS

O município de Campina Grande localiza-se a 7°13'50'' Sul e 35°52'52'' Oeste de Greenwich, com uma área territorial de 594,182 km². Situa-se na bacia hidrográfica do

Rio Paraíba (Figura 18), e não é banhado por nenhum de seus afluentes, nem pelo rio principal.

O manancial que abastece Campina Grande e outros 25 núcleos urbanos é o Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão, localizado a 40 quilômetros do município. A bacia de contribuição do Açude Boqueirão situa-se em região que apresenta alta variabilidade climática e hidrológica, cuja estação chuvosa se concentra entre os meses de fevereiro a maio, além de possuir elevadas taxas de evapotranspiração.

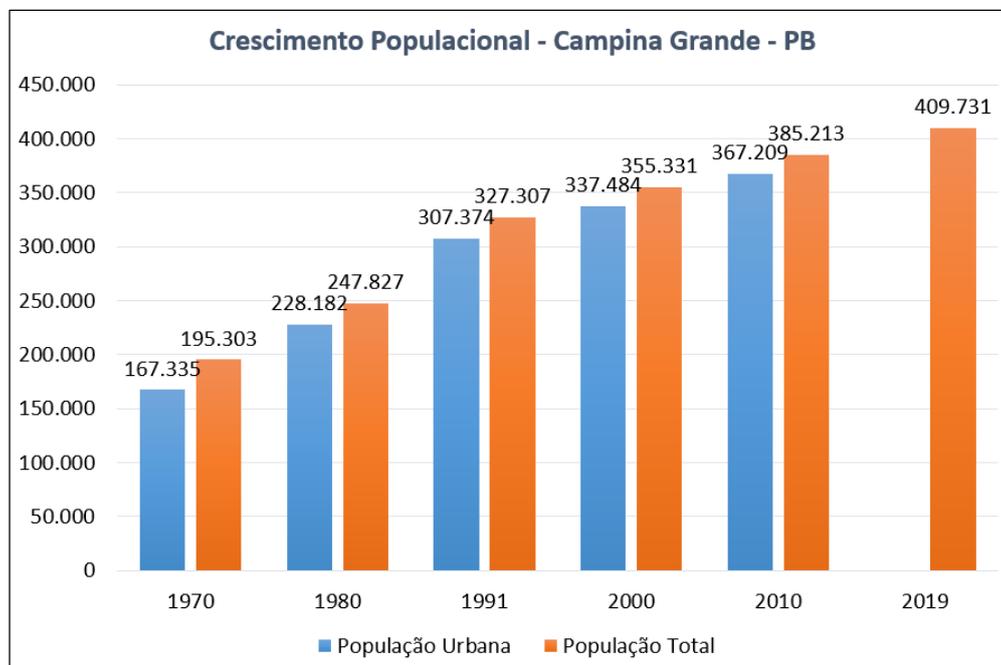
Figura 18 - Bacia do Rio Paraíba e sua rede de drenagem principal, Açude Epitácio Pessoa e município de Campina Grande.



Fonte: Elaborado pela autora.

Campina Grande possui uma população de 385.213 habitantes (IBGE, 2010), sendo aproximadamente 95% pertencentes à zona urbana, e sua densidade populacional é de 648.31 hab/km². De acordo com o IBGE (2019), a população estimada é de 409.731 habitantes para o ano de 2019. O município apresenta crescimento populacional expressivo, como pode ser observado na Figura 19. Merece destaque o fato de que este crescimento acarreta determinadas consequências, tais como o espraiamento da mancha urbana, e também a verticalização, cujo adensamento resultante acarreta consideráveis impactos sobre as infraestruturas urbanas (ARAÚJO, 2012).

Figura 19 - Evolução Populacional de Campina Grande-PB.



Fonte: Base de dados do IBGE.

De acordo com Queiroz (2016), o desordenado crescimento das cidades e, conseqüentemente, de suas populações, refletiu conseqüências negativas ao espaço urbano. O desenvolvimento das atividades urbanas não considerava a necessidade do estabelecimento de boas condições sanitárias para seus habitantes, tampouco para o seu ambiente. A desconexão entre os recursos hídricos e a produção do espaço trouxe consigo a necessidade de adequar as ofertas hídricas ao contexto urbano, evidenciada em desgastantes buscas por novas fontes que fossem capazes de suprir as novas demandas da cidade.

3.2 CAMPINA GRANDE E SUA RELAÇÃO COM A ÁGUA

O primeiro manancial que abasteceu Campina Grande foi o Açude Velho, ainda na sua época de vila, e foi construído em resposta à seca enfrentada pelo Nordeste entre os anos de 1824 a 1828, tendo suas obras concluídas no ano de 1830. Neste mesmo ano, foi construído o Açude Novo, sendo este sua segunda fonte de abastecimento. Os dois açudes

foram os responsáveis pelo abastecimento da cidade por quase um século (QUEIROZ, 2016).

O primeiro sistema de abastecimento da cidade foi inaugurado somente no ano de 1927, sendo os açudes de Puxinanã e da Grota Funda os mananciais responsáveis, com capacidade de 140 mil e 350 mil metros cúbicos, respectivamente. O seu projeto previa o atendimento a 10 mil habitantes (com um consumo per capita de 67 litros/habitante/dia). Não havia sistema de tratamento nem rede de distribuição, e a água era distribuída através dos chafarizes ao lado do reservatório, localizado no bairro do Monte Santo (CAGEPA, 2008).

Como é possível observar, não houve um planejamento a longo prazo, considerando o crescimento populacional e a dinâmica urbana para a promoção de um sistema de abastecimento de água que fosse compatível com a realidade local, tanto em relação às questões urbanas, quanto às questões ambientais, especialmente no que diz respeito aos eventos prolongados de seca observados na região. Portanto, a população que possuía melhores condições financeiras tinha em suas propriedades cisternas para a coleta de água de chuva, a ser utilizada nos momentos de escassez, ou mesmo vendida a terceiros. Quando não possuíam cisternas, os moradores das classes sociais mais elevadas chegavam a comprar água dos aguadeiros, que carregavam e vendiam a domicílio água de açudes privados da região (QUEIROZ, 2016).

Conforme a cidade crescia e sua população aumentava, surgia a necessidade de expansão do sistema de abastecimento de água para o atendimento à demanda. Dessa forma, no ano de 1938 foi construído o açude Vaca Brava, com capacidade de 3.500.000 m³, no município de Areia-PB. Junto com o manancial, surgiu a primeira repartição de saneamento de Campina Grande, responsável pela operação dos sistemas de abastecimento e de tratamento da água (CAGEPA, 2008). Ao longo das décadas de 1940 e 1950, a indústria continuou em expansão, o que ajudava a promover o aumento do número de habitantes, assim como a quantidade de edificações na cidade. No ano de 1958, a cidade passou a ser abastecida pelas águas do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

Vale ressaltar que embora tenham sido feitas constantes intervenções no sistema de abastecimento de água, desde a inauguração do sistema Boqueirão, o mesmo sempre manteve sua centralidade neste açude. De acordo com Marinho (2018), além de ser

utilizado para abastecimento, o açude Boqueirão também é fonte de atividades econômicas, como irrigação e pesca. Os períodos de baixos índices pluviométricos foram acompanhados em determinados períodos pela intermitência do fornecimento de água à cidade.

O Açude Boqueirão enfrentou, ao longo dos anos, períodos críticos em decorrência da associação dos baixos índices pluviométricos aos problemas de gerenciamento dos seus recursos. Nestes períodos críticos, há comprovada precarização no que diz respeito ao acesso à água por parte da população, acarretando, dentre outros prejuízos, consequências de natureza social e econômica (GRANDE *et al.*, 2016). Como resultado, a cidade de Campina Grande passou por graves crises no seu abastecimento de água nas últimas duas décadas, uma entre os anos de 1998-2000, e outra de maior dimensão entre os anos de 2012-2017 (LUCENA, 2018; RÊGO *et al.*, 2001; RÊGO *et al.*, 2014; RÊGO *et al.*, 2017).

A crise hídrica que ocorreu entre os anos de 1998-2000 teve como causas principais, segundo Rêgo *et al.* (2001), a irrigação descontrolada na bacia hidráulica do reservatório (de maneira quantitativa e qualitativa), perdas excessivas no sistema de distribuição e níveis de consumo incompatíveis com a região semiárida; a construção descontrolada de reservatório a montante, reduzindo o volume afluente; entre outros. Além disso, somente a partir da detecção da situação de crise foi que os órgãos responsáveis pela gestão do Açude Epitácio Pessoa começaram a se mobilizar no sentido de tomar decisões que pudessem minimizar os impactos da crise para a população.

Lucena (2018) afirma que, apesar das discussões, que envolveram autoridades políticas, técnicas e o público em geral, nenhuma das propostas deu ênfase a ações de gestão da demanda como, por exemplo, a diminuição do desperdício no uso da água e medidas de conscientização da população para a redução do consumo. Todas as propostas deram ênfase a medidas de aumento da oferta em detrimento a medidas de diminuição do consumo, sem questionamentos sobre seus reais benefícios e custos socioeconômicos e ambientais. As medidas apontadas pelo governo como soluções definitivas seriam a construção de outra barragem na mesma região, a jusante do reservatório e a transposição de águas de outras bacias hidrográficas. Somente em 2004 o nível do açude retornou à normalidade, com o início de uma série de anos chuvosos, encerrada no ano de 2011, no qual havia atingido sua capacidade máxima de acumulação.

Durante a crise hídrica de 2012-2017, o Açude Epitácio Pessoa atingiu o menor volume da sua história, contando com apenas 2,8% de sua capacidade no ano de 2016. A partir de 2012, houve o início de um longo período de escassez pluvial, e de acordo com Lucena (2018) e Rêgo *et al.* (2017), os níveis de acumulação do Açude caíram continuamente, pois as retiradas mensais de água para abastecimento humano e para irrigação, somadas às perdas por evaporação, superavam sistematicamente os aportes hídricos, nulos ou insignificantes desde 2012 até abril de 2017.

Dentre as soluções determinadas pelos órgãos responsáveis, como Ministério Público da Paraíba, Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e a Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A), estavam a suspensão da perenização a jusante e da irrigação. O primeiro posicionamento da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) sobre a crise só aconteceu em dezembro de 2013, com o lançamento da campanha “Água não se joga fora”, cujo objetivo principal era o de conscientizar as pessoas sobre a importância do uso racional da água e promover a participação da sociedade nas medidas de combate ao desperdício (CAGEPA, 2013). Até então, a possibilidade de dar início a um racionamento de água não era considerada.

Além dessas soluções, vale ressaltar o estudo realizado por Barros *et al.* (2016), que apresentou uma proposta de utilização de equipamentos poupadores de consumo de água em edifícios em construção no bairro Catolé, no município de Campina Grande, e verificou o quanto a utilização desses equipamentos contribuiria para a redução da demanda de água. Os resultados indicaram que a utilização dos equipamentos poupadores reduz em 83,26% o consumo final de água em edifícios verticais. O trabalho, que apresentou uma repercussão bastante positiva na época, concluiu que é possível minimizar o problema da escassez da água, utilizando instrumentos de gerenciamento que contribuam para a racionalização do uso, visto que ações de responsabilização da sociedade pelo consumo consciente dos recursos naturais têm se mostrado eficazes, pois agregam, conseqüentemente, qualidade às áreas urbanas.

Entretanto, em virtude do baixo volume do reservatório e da não ocorrência de precipitação, em 2014, a CAGEPA anunciou que adotaria um regime de racionamento de água no município de Campina Grande. A interrupção do fornecimento foi suspensa após a chegada das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), em abril de

2017. Dessa forma, de acordo com Rêgo *et al.* (2017), a população de mais de meio milhão de habitantes foi, então, salva do total desabastecimento, e de suas consequências caóticas incomensuráveis, cujas obras de transposição foram deliberadamente reorganizadas e excepcionalmente aceleradas para esse fim, tendo sido antecipado em meses o início da sua operação normal.

Apesar de duas grandes crises hídricas, o comportamento resiliente dos usuários que são submetidos a racionamentos periódicos, não perdura por muito tempo. Sem ações de incentivo que impulsionem a racionalização dos recursos, os usuários voltam a consumir a água como nos períodos anteriores às crises. Como o ambiente urbano é extremamente dinâmico e há uma tendência comprovada de crescimento populacional nos centros urbanos, espera-se que em futuras crises, os impactos sejam ainda maiores, agravados pelo número ainda maior de domicílios atingidos.

3.3 IMPLICAÇÕES DO APORTE HÍDRICO DO PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

A chegada das águas do Rio São Francisco no estado da Paraíba ocorreu via eixo leste da transposição, em abril de 2017, e teve como receptor o açude de Poções, localizado no município de Monteiro-PB. De acordo com Sousa *et al.* (2019), após chegarem em Poções, as águas seguem para o reservatório Camalaú, localizado no município de Camalaú-PB e, depois desse trajeto, as águas direcionam-se para o reservatório Eptácio Pessoa, no município de Boqueirão-PB, responsável pelo abastecimento de Campina Grande e outros 25 municípios da Paraíba.

Entretanto, o bombeamento das águas da transposição para a Paraíba foi interrompido durante dois períodos: o primeiro, em março de 2018, quando o então Ministério da Integração confirmou a necessidade de suspensão temporária da transposição para o estado, até que as obras programadas para os açudes de Poções e Camalaú fossem concluídas; e o segundo, em fevereiro de 2019, quando houve uma interrupção no bombeamento das águas em virtude de problemas na barragem de Cacimba Nova, no estado de Pernambuco. Conforme a AESA (2019), a barragem teve uma sobrecarga acima do permitido no projeto e, dessa forma, o Ministério do

Desenvolvimento Regional teria interrompido o bombeamento para o canal de Monteiro. A retomada desta última suspensão ocorreu em novembro de 2019.

A transposição do Rio São Francisco trouxe consigo inúmeros conflitos para as bacias que recebem suas águas, conflitos estes que, inevitavelmente, tendem a ocorrer nos processos de gestão dos recursos hídricos. O que deve ser enfatizado é que a transposição de águas é uma excelente ferramenta no combate à escassez hídrica, entretanto, no caso do município de Campina Grande, não constitui, por si só, uma solução definitiva para o problema, uma vez que este encontra-se enraizado em uma gestão dos recursos hídricos que tem se mostrado ineficiente ao longo dos anos, e que tradicionalmente, tem se pautado na busca de novas fontes hídricas como resolução da escassez.

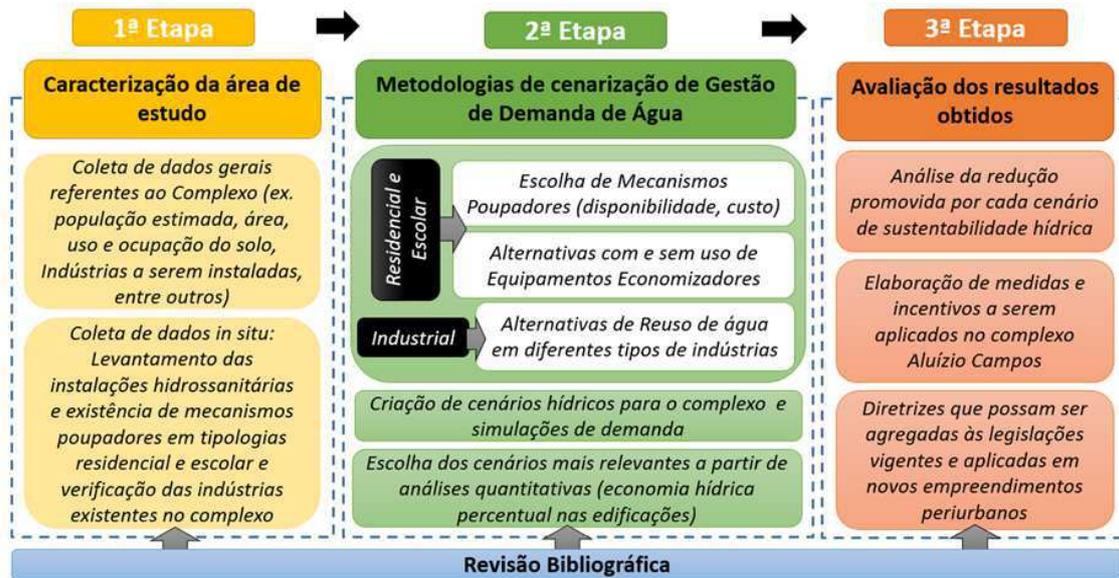
Soma-se ainda o fato de que, de acordo com Marinho (2018), historicamente não houve uma preocupação em proporcionar aos empreendimentos uma autossustentabilidade em relação à água, mesmo diante do contexto de vulnerabilidade hídrica que possui a cidade. Portanto, pode-se concluir que a busca pela resiliência hídrica em Campina Grande continua necessária, e deve ser um dos objetivos da gestão dos recursos hídricos do município.

Embora o problema relacionado aos recursos hídricos seja premente, não há evidências de ações voltadas à gestão da demanda deste sistema (GUEDES *et al.*, 2014; BARROS *et al.*, 2016), assim como não são observadas iniciativas relativas à diversificação de fontes hídricas, a exemplo da captação e uso de água de chuva (SOUZA, 2015), e existe ainda vulnerabilidade ao desabastecimento, conforme apresentado por Grande (2016). Como alternativa para aumentar a resiliência hídrica de Campina Grande, a Gestão da Demanda de Água tem como intuito principal o estímulo de um comportamento mais racional em relação aos diversos usos da água. Este trabalho mostra como o emprego de mecanismos poupadores de água reduziram o seu consumo em um Complexo Multimodal de grande porte, implantado na área periurbana de Campina Grande.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a análise de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água em Campina Grande é composta das etapas descritas na Figura 20.

Figura 20 - Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pela autora.

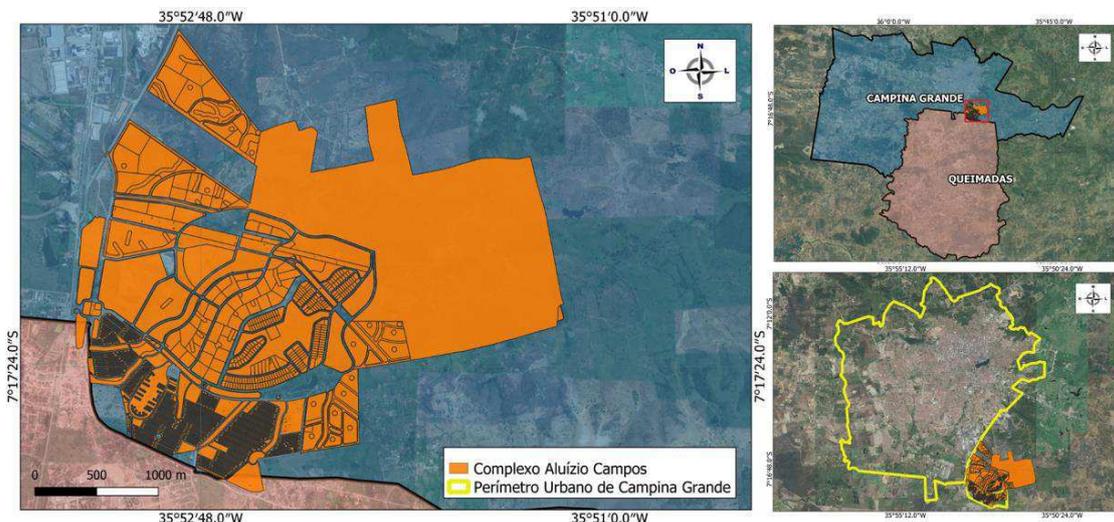
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O processo de urbanização em Campina Grande, de acordo com Miranda *et al.* (2019), é marcado concomitantemente pela verticalização pontual e pelo espraiamento da mancha urbana para além das fronteiras municipais, configurando periferias urbano-rurais com baixa densidade demográfica e construtiva, carência de infraestrutura e significativos impactos ambientais.

Nesse contexto, foi implantado na área periurbana de Campina Grande o Complexo Multimodal Aluizio Campos (Figura 21), resultado do Plano Estratégico de Desenvolvimento Campina Grande 2035 (PED-CG/2035). O plano é produto de parceria entre o setor empresarial, principalmente ligado à indústria, e a Prefeitura Municipal. O complexo representa um novo vetor da expansão urbana na aglomeração e seguramente

reforça a conurbação entre os municípios de Campina Grande e Queimadas. Para a inserção do complexo, foi feito um ajuste no perímetro urbano de Campina Grande.

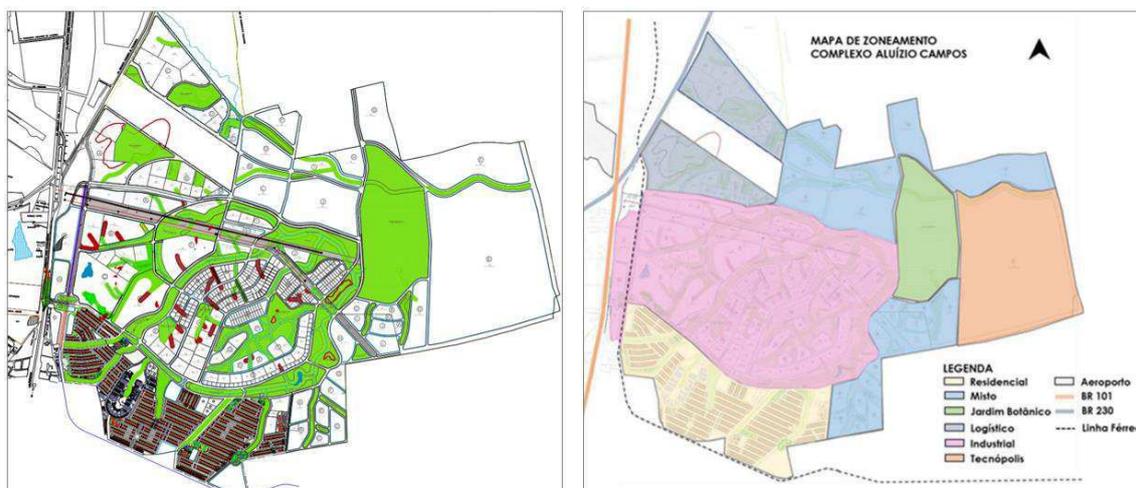
Figura 21 - Localização do Complexo Aluizio Campos.



Fonte: Elaborado pela autora.

O complexo é composto pelas seguintes tipologias: (i) um complexo industrial; (ii) um complexo logístico (armazenamento, transportes, comércio atacadista e distribuição); (iii) um complexo habitacional; (iv) um Jardim Botânico; (v) e uma Tecnópolis (área para instalação de instituições de pesquisa e inovação, ensino e extensão e de empresas produtoras de tecnologia) (Figura 22). Considerado como um projeto de longa maturação, caso seja conduzido de acordo com as melhores práticas na área, tem o potencial de configurar-se como o principal polo estratégico de negócios e dinamismo para a cidade de Campina Grande. Concebido para funcionar como um sistema estratégico “*sinérgico, sustentável e integrado*”, a ideia é aproximar emprego e moradia, criando um ambiente de negócios para a cidade se desenvolver do ponto de vista econômico, aproveitando o seu potencial logístico (CAMPINA GRANDE, 2017). O Complexo está assentado em terras da Fazenda Ligeiro, na zona sudeste do município, às margens da rodovia BR 104.

Figura 22 - Zoneamento do Complexo Aluizio Campos



Fonte: Adaptado de CAMPINA GRANDE (2017).

O Componente Industrial é um dos negócios centrais do complexo Aluizio Campos (o outro é o Logístico). Em virtude da sua localização (com 80% de sua extensão em área urbana), deve ser priorizada a atração de indústrias leves e de base tecnológica, que em geral estão associadas a índices menores de poluição, de modo a garantir que o progresso econômico do Distrito se dê com pressões antrópicas aceitáveis, sem comprometer a sua sustentabilidade social e ambiental (CAMPINA GRANDE, 2017). Outra justificativa é que a indústria campinense está historicamente ligada à indústria leve, de bens de consumo, semiduráveis com destaque para os setores têxtil, coureiro, alimentício, vestuário (incluindo calçadista), fabricação de móveis, de produtos de metal e de produtos de plástico.

A parte referente ao Complexo Logístico se configura como um dos principais diferenciais competitivos por reduzir os custos operacionais em decorrência da integração com o sistema produtivo industrial. Seus componentes incluem serviços de recepção, armazenamento, circulação e despacho de mercadorias, serviços de transporte, porto seco e comércio atacadista (MIRANDA *et al.*, 2019).

O Complexo Habitacional contará com quatro mil e cem unidades habitacionais, além de três creches, dois postos de saúde, duas escolas, duas praças com academia e um Centro de Referência de Assistência Social (CRAS). A ideia aqui é possibilitar a articulação entre local de trabalho e moradia.

O Jardim Botânico foi idealizado a partir da perspectiva ambiental e funcionará como um espaço destinado à pesquisa de espécies botânicas e novos cultivares adaptados ao ecossistema local, e ao lazer da população, com oferta de atividades esportivas e contemplativas ao ar livre (trilhas, arborismo, jardins sensoriais, borboletários, entre outras) (MIRANDA *et al.*, 2019).

Quanto à Tecnópolis, trata-se da área do Aluizio Campos cujo objetivo fundamental é facilitar o desenvolvimento de produtos e serviços por meio da criação de um espaço propício para a inovação em função da integração de instituições públicas de ensino superior (com ações de pesquisa e inovação, ensino e extensão) e de empresas produtoras de tecnologia (CAMPINA GRANDE, 2017).

Além do empreendimento principal, ainda estão previstos: o conjunto habitacional pelo PMCMV Entidades, sendo realizado pela União Campinense de Equipes Sociais – UCES, com 496 unidades habitacionais; o Conjunto Habitacional Cidade do Funcionário, com 1156 unidades; o Campina Residence 1 e 2 com 496 unidades cada; e o Conjunto Habitacional SAB, com quantitativo ainda não definido. A soma dessas unidades poderá ser superior a 6700. A ideia com este componente é reforçar a disseminação da casa própria como forma de acesso à moradia em local urbanizado, com serviços e equipamentos públicos (MIRANDA *et al.*, 2019).

Como exemplos de experiências em outras localidades, que serviram de inspiração e trouxeram lições para o caso do Complexo Aluizio, foram indicados alguns empreendimentos (CAMPINA GRANDE, 2017):

- PARQTEL, parque tecnológico situado no estado de Pernambuco, fundado em 1996 como resultado de uma articulação entre empresários do setor eletroeletrônico e o Governo de Estado, tendo como objetivos gerais “Congregar empreendimentos de base tecnológica no setor, desenvolver P&D nas suas áreas de atuação; gerar produtos e serviços inovadores; promover o desenvolvimento econômico e social de Pernambuco”;

- SUAPE - Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros Leite, criado em 1977 também no estado de Pernambuco, e funciona como um distrito industrial ancorado em um porto;

- CONE SUAPE, plataforma privada criada em 2011 em Pernambuco, trabalha com arrendamento de áreas e de galpões. Uma de suas áreas de negócios é destinada à valorização imobiliária, que foi transformada em uma cidade planejada com possibilidade de construção de até 25 mil unidades habitacionais, áreas verdes, empresariais, institucionais e polos educacional, de saúde e de lazer;

- AEROTRÓPOLE, situada em Belo Horizonte - MG, consiste em uma plataforma ancorada em um aeroporto, que inclui parques logísticos, industriais e residenciais, ligados a um complexo de transporte multimodal de cargas e passageiros; e

- PLATAFORMA LOGÍSTICA MULTIMODAL em Goiás, que é um modelo de concessão, contará com os seguintes serviços: terminais de frete aéreo; aeroporto de Anápolis; polo de serviços e administração; centro de carga rodoviária; terminal de carga ferroviária; armazéns gerais, refrigerados, de utilidades domésticas, para produtos de base e granéis.

Com uma área de 800 hectares, aproximadamente 20% a 25% da mancha urbana da cidade, algumas das justificativas apresentadas nos documentos oficiais para a proposição do complexo foram as apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1- Justificativas para a implantação do Complexo Aluizio Campos.

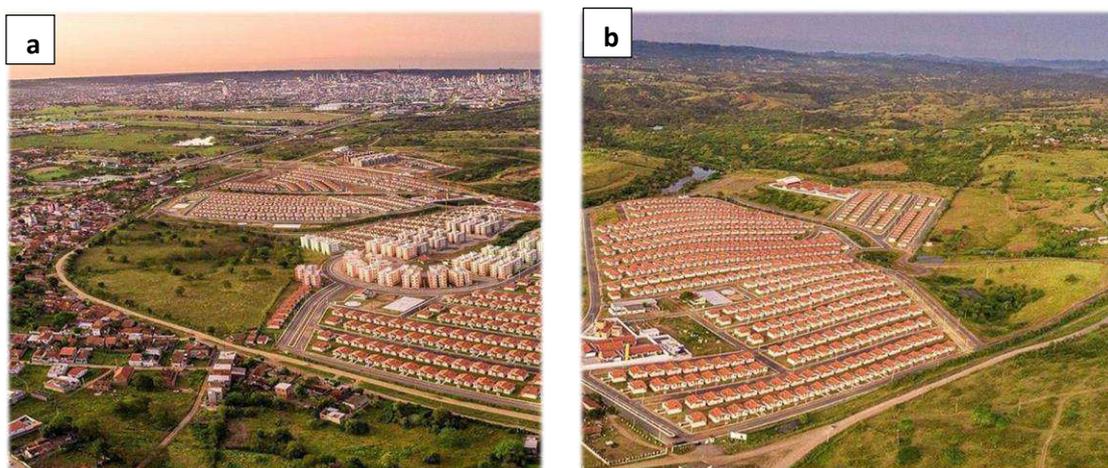
Justificativas para a implantação do Complexo Aluizio Campos
Menor concentração de problemas urbanos comparativamente aos grandes centros (dificuldades de mobilidade, poluição, custo de vida elevado, etc.)
Localização estratégica; através do seu posicionamento estratégico no Nordeste Oriental, localizada em entroncamento rodoviário (BR-104 / BR-230) e com grande potencial de integração logística
Capacidade de polarização; Campina Grande se configura como capital regional, polarizando uma região com mais de 70 municípios, com população total de aproximadamente 1,09 milhões de habitantes
Cidade polo educacional-tecnológico; possui ampla base de conhecimentos formada não só pela infraestrutura de ensino-pesquisa mas também pela experiência acumulada pelo empresariado campinense
Dimensão; o complexo possui uma área de 800 hectares.

Fonte: Adaptado de CAMPINA GRANDE (2017).

Os idealizadores do Complexo Aluizio Campos atribuíram à Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG) a função de principal guardiã dos princípios estruturadores do projeto e da efetivação das diretrizes que devem nortear a implantação e a gestão do complexo, entre elas: a instituição do empreendimento estratégico de longo prazo para a cidade – ocupação planejada e gradual; a compreensão do complexo enquanto uma “nova cidade” (“autossuficiência”); a promoção da sustentabilidade econômica, social e ambiental do complexo; a blindagem política do empreendimento, a partir da Governança Compartilhada Público–Privada.

Neste trabalho, o foco será dado aos componentes habitacional e industrial do complexo. Voltado para os segmentos de renda baixa e média-baixa, faixas 1; 1,5 e 2, havendo prioridade para portadores de deficiência física, idosos e residentes em áreas de risco, o componente habitacional do Complexo Aluizio Campos (Figura 23 *a* e *b*) estava localizado em área rural do município e houve a necessidade de revisar o perímetro urbano no final de 2014 para a obtenção dos subsídios e financiamento do Programa Nacional de Habitação Urbana – PNHU no âmbito do PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida), destinados a empreendimentos em área urbana.

Figura 23 - Complexo Habitacional Aluizio Campos (*a*; *b*).



Fonte: CAMPINA GRANDE (2017).

O complexo conta com 4.100 unidades habitacionais (3012 casas – Figuras 24 *a* e *b* e 1088 apartamentos – Figuras 25 *a* e *b*) mais aparelhos urbanos (escolas, creches e postos de saúde - Figura 26) já concluídos, além de indústrias e comércio em fase de

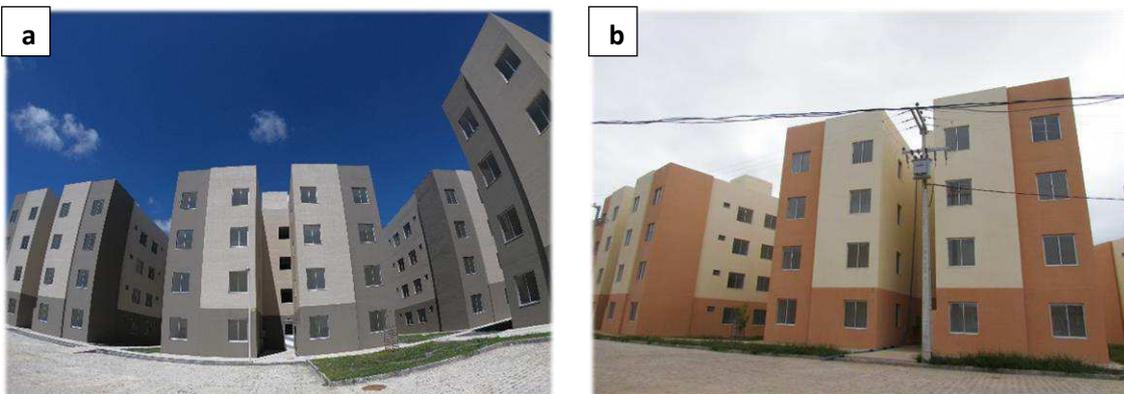
implantação, e traz consigo inúmeros impactos socioterritoriais e também nos recursos naturais.

Figura 24 - Tipologia casa do complexo habitacional (a; b).



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 25 – Tipologia apartamento do complexo habitacional (a; b).



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 26 - Tipologia escolar do complexo habitacional.



Fonte: Elaborado pela autora.

Tendo em vista que a sustentabilidade econômica, social e ambiental é uma das diretrizes que orientam a implantação do Complexo Aluizio Campos, faz-se necessário quantificar e discutir os impactos gerados pela introdução deste empreendimento no Município de Campina Grande, especialmente no que diz respeito aos recursos hídricos.

Diante das questões abordadas acerca da alta vulnerabilidade hídrica apresentada pelo município de Campina Grande, ressalta-se que a implantação de um empreendimento deste porte, que implicará, conseqüentemente, em maiores demandas de água, deve ser orientada por ações que promovam a criação de uma “cultura” de economia de água, visando a redução do seu consumo no complexo, e dessa forma, o seu impacto na rede de distribuição da cidade, e que esse sistema de economia possa ser reproduzido em estruturas semelhantes.

4.2 SELEÇÃO DOS MECANISMOS POUPADORES

Após a caracterização da área de estudo, foram selecionadas ações tecnológicas de gestão de demanda urbana de água, considerando a sua eficiência na redução do consumo, mesmo quando adotadas de forma isolada. Sendo assim, optou-se pelo uso de aparelhos hidrossanitários poupadores de água, com base em critérios pré-estabelecidos (Quadro 2).

Quadro 2 - Critérios de seleção dos mecanismos poupadores.

Critérios
Facilidade de implantação e apropriação pelo usuário morador, considerando que os aparelhos poupadores serão implantados em edificações já concluídas
Demonstração de maior adequabilidade à realidade da região em estudo, uma vez que são habitações de interesse social
Eficiência na redução do consumo, considerando o grande porte do complexo

Fonte: Elaborado pela autora.

Com base nesses critérios, os equipamentos escolhidos para esta pesquisa foram os descritos no Quadro 3, juntamente com suas características, em termos de funcionamento e redução de consumo. A escolha dos aparelhos economizadores e seus respectivos valores de economia resultam de pesquisa na literatura especializada e em levantamentos

feitos em estabelecimentos comerciais de materiais de construção no município de Campina Grande.

Quadro 3 – Mecanismos poupadores selecionados.

Mecanismos Poupadores	Funcionamento e redução no consumo de água
Torneira com arejador	Consiste em um dispositivo, fixado na saída da torneira, e no seu interior existe uma espécie de filtro que diminui o tamanho das partículas e introduz ar no líquido. Esse processo mantém a sensação do jato forte, porém com uso de menos água na lavagem (Barros <i>et al.</i> , 2016). Esse mecanismo reduz em até 50% o consumo de água.
Torneira de fechamento automático	Torneira dotada de um dispositivo que detém o fluxo de água, automaticamente, após um período de tempo determinado. Reduz o seu consumo em até 55%.
Torneira com sensor de presença	Funcionam através da detecção da presença das mãos do usuário. Quando alguém se aproxima, o sensor óptico envia um sinal para uma peça que libera a saída de água. Isso faz com que o fluxo exista apenas enquanto as mãos estão próximas à peça. Proporciona economia de até 40%.
Chuveiro com restritor de vazão	O restritor de vazão é um dispositivo que limita a quantidade de líquido que sai de um chuveiro ou torneira, instalado na entrada de água. É encontrado com diversas vazões, sendo as mais comuns de 9 e 14 l/min. Dependendo da vazão escolhida, reduz o consumo de água em até 55%.
Bacia sanitária de acionamento duplo e kit com acionador duplo para caixa acoplada	A bacia sanitária dotada de um sistema com acionador duplo proporciona descargas com volume reduzido, de 3 litros/acionamento (para o arraste de dejetos líquidos) e de 6 litros/acionamento (para o arraste de dejetos sólidos). De acordo com Mierzwa <i>et al.</i> (2006), a cada quatro vezes que a bacia é utilizada, uma é para sólidos e as três demais são para líquidos, portanto, com essas três descargas consumindo a metade da água, a economia gerada pela substituição da bacia sanitária de acionamento simples pelo duplo atinge 75% do consumo.
Reuso de águas residuárias	O percentual de economia varia conforme o tipo de indústria.

Fonte: Adaptado de Barros *et al.* (2016); Mierzwa *et al.* (2006).

4.3 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE GESTÃO DA DEMANDA

No presente trabalho, foram realizadas estimativas de demanda de água para os componentes Habitacional e Industrial do Complexo Aluizio Campos, com base em dados de uso do solo. Considerou-se o uso residencial, presente no complexo em duas

tipologias, sendo estas *casa e apartamento*, os usos do tipo *escola e creche* e o uso *industrial*. Foram calculadas as demandas para dois tipos de cenários: um cenário convencional, representado por valores de demanda sem intervenções de mecanismos poupadores, e outro resiliente, que apresenta valores de demanda modificados pelo emprego das medidas de gestão selecionadas.

As estimativas foram realizadas primeiramente para os componentes do complexo habitacional – residências, escolas e creches – e depois para o complexo industrial. Com base nos valores encontrados, observou-se que a demanda do complexo industrial é expressivamente superior a demanda do complexo habitacional. Dessa forma, optou-se pela análise dos cenários de forma isolada para as diferentes tipologias.

4.3.1 Complexo Habitacional

Para a estimativa, que foi realizada para cada unidade habitacional, escola e creche, foram utilizados projetos arquitetônicos do empreendimento, cedidos pela SEPLAN (Secretaria de Planejamento, Gestão e Transparência) do município de Campina Grande; dados disponibilizados nos documentos do Plano Estratégico de Desenvolvimento Campina Grande 2035 (PED-CG/2035); dados coletados *in situ*, como o levantamento das instalações hidrossanitárias e verificação da existência de mecanismos poupadores; média de moradores por domicílio, e média de alunos por sala de aula em escolas e creches de Campina Grande, coletados no *site* do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); dados de consumo *per capita* de água em residências coletados pela CAGEPA e disponibilizados pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), e dados de consumo *per capita* em escolas e creches; além de metodologias de estimativa encontradas na literatura, como a Norma da SABESP (2017), Tsutyia (2006), FRANÇA (2016) e Oliveira (2019). Os cálculos das estimativas foram feitos segundo as Equações 1, 2 e 3:

- Residências

$$D_r = M_{md} \times C_{pr} \quad (1)$$

Onde:

D_r é a Demanda por Residência - em *l/dia*

M_{md} é a média de moradores por domicílios – *3,4 habitantes (IBGE, 2010)*

C_{pr} é o consumo *per capita* nas residências em - *122,21 l/hab.dia (BRASIL, 2019)*

- Escolas e creches

$$D_e = M_{\text{alunos}} \times N_{\text{salas}} \times C_{pe} \quad (2)$$

$$D_c = M_{\text{alunos}} \times N_{\text{salas}} \times C_{pc} \quad (3)$$

Onde:

D_e é a Demanda por Escola – em *l/dia*

D_c é a Demanda por Creche - em *l/dia*

M_{alunos} é a média de alunos por sala da escola ou da creche – 26,5 (INEP, 2018)

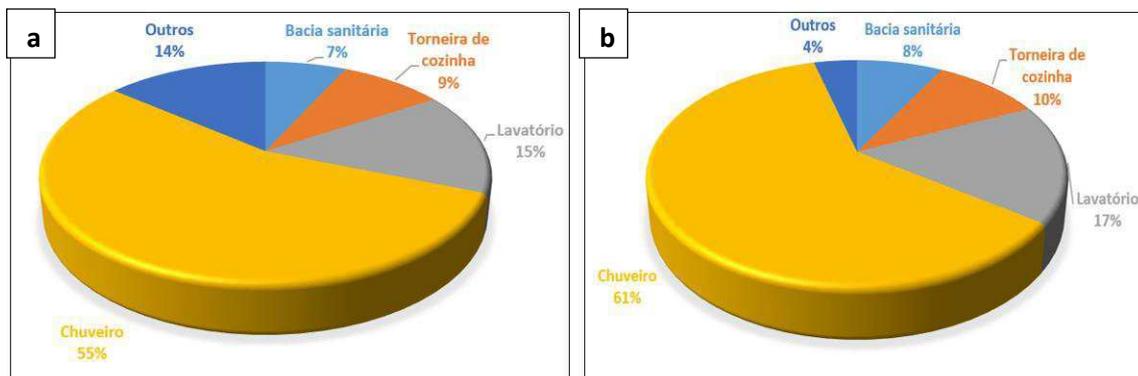
N_{salas} é o número de salas de cada escola ou creche – 22,1 (INEP, 2018)

C_{pe} é o consumo *per capita* nas escolas – 50 *l/aluno.dia* (CREDER, 2010)

C_{pc} é o consumo *per capita* nas creches - 150 *l/aluno.dia* (CREDER, 2010)

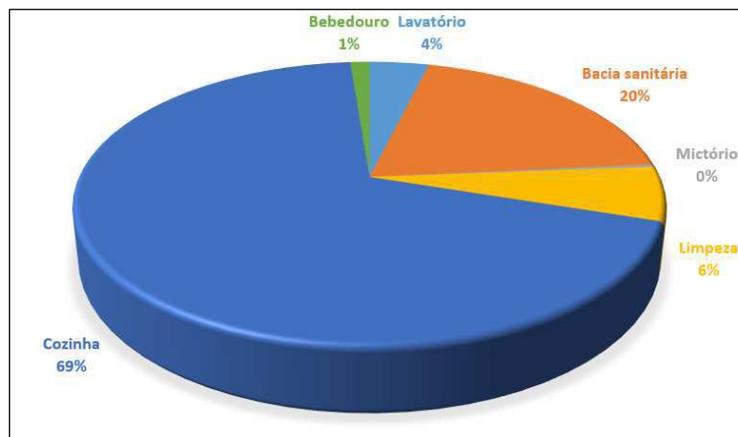
Neste estudo são sugeridas intervenções nos pontos de utilização de água das residências, das escolas e das creches do Complexo Aluizio Campos, através da substituição/adaptação dos seus respectivos aparelhos sanitários. Diante disso, é imprescindível o conhecimento da distribuição do consumo de água nessas edificações. Utilizou-se, portanto, os dados de distribuição do uso da água em empreendimentos residenciais horizontais (Figura 27 a) e verticais (Figura 27 b), adotados por Mierzwa *et al.* (2006), e para as escolas e creches, foi empregada a distribuição de consumo adotada por Fasola *et al.* (2011) (Figura 28).

Figura 27 - Distribuição do consumo em empreendimentos residenciais.



Fonte: Adaptado de MIERZWA *et al.* (2006).

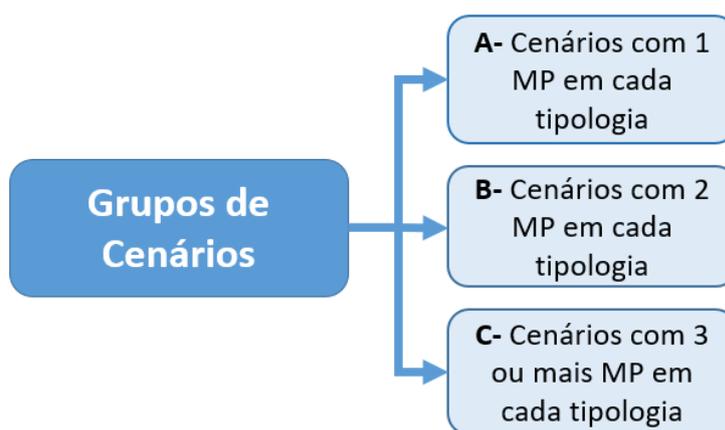
Figura 28 - Distribuição do consumo em escolas e creches.



Fonte: Adaptado de FASOLA *et al.* (2011).

A partir da estimativa de demanda de água realizada para as várias tipologias do empreendimento, calculou-se a economia de cada equipamento poupador na porcentagem que ele representa para o consumo final da edificação, obtendo-se, assim, a economia destes em cada unidade. Dessa forma, foram criados grupos de cenários (Figura 29) classificados de acordo com o número de equipamentos poupadores adotados em cada um dos grupos:

Figura 29 - Grupos de Cenários de Gestão de Demanda de Água.



Fonte: Elaborado pela autora.

Foram simuladas 10 possibilidades de cenários para as tipologias do complexo habitacional – *casa, apartamento, escola e creche* (Tabela 1).

Tabela 1 - Cenários de Gestão de Demanda simulados.

GRUPOS	Nº	DESCRIÇÃO DO CENÁRIO
A	I	- 100% das residências adotam bacia sanitária de acionamento duplo - Escolas e creches adotam bacia sanitária de acionamento duplo
	II	- 50% das residências adotam bacia sanitária de acionamento duplo - As escolas e creches substituem todas as suas torneiras de banheiro pelo modelo com fechamento automático
	III	- 100% das residências adotam torneira com arejador para a cozinha - As escolas e creches substituem todas as suas torneiras de banheiro pelo modelo com sensor de presença
	IV	- 100% das residências adotam chuveiro com restritor de vazão - As escolas e creches substituem todas as suas torneiras de cozinha pelo modelo com arejador
	V	- 100% das residências adotam torneira com fechamento automático para o banheiro - As escolas e creches substituem todas as suas torneiras de limpeza pelo modelo com arejador
B	VI	-100% das residências adotam torneira com fechamento automático para o banheiro e torneira com arejador para a cozinha - A escolas e creches substituem todas as suas bacias sanitárias pelo modelo de acionamento duplo e todas as suas torneiras de cozinha pelo modelo com arejador
	VII	- 100% das residências adotam chuveiro com restritor de vazão e torneira com arejador para o banheiro - As escolas substituem todas as bacias pelo modelo de acionamento duplo e todas as torneiras da cozinha pelo modelo com arejador
C	VIII	- 50% das residências adotam bacia sanitária de acionamento duplo, chuveiro com restritor de vazão, torneira com arejador para a cozinha e para o banheiro - As escolas e creches substituem todas as suas bacias pelo modelo de acionamento duplo, todas as torneiras de cozinha e de limpeza pelo modelo com arejador, e as torneiras de banheiro pelo modelo com fechamento automático
	IX	- 100% das residências adotam uma bacia sanitária de acionamento duplo, chuveiro com restritor de vazão, torneira com arejador para a cozinha e para o banheiro - As escolas e creches substituem todas as todas as torneiras de cozinha, de banheiro e de limpeza pelo modelo com arejador
	X	- 100% das residências adotam um chuveiro com restritor de vazão e torneira com arejador para a cozinha e para o banheiro - As escolas e creches substituem todas as bacias pelo modelo de acionamento duplo e todas as torneiras da cozinha e de limpeza pelo modelo com arejador

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2 Complexo Industrial

Foram autorizados 306 lotes do complexo para o uso industrial. Vale ressaltar que, em virtude da indisponibilidade de dados necessários para a estimativa do componente industrial, foram consideradas taxas de ocupação de indústrias similares já instaladas em Campina Grande, de acordo com França (2016). Até o presente momento, ao contrário do complexo habitacional, há apenas uma indústria instalada. Foram disponibilizadas nos documentos do Plano Estratégico de Desenvolvimento Campina Grande 2035 (PED-CG/2035) informações sobre alguns tipos de atividades que serão desenvolvidas no complexo, de acordo com a sua ocupação gradual. A SEPLAN forneceu uma lista com apenas três tipos de atividades. Contudo, além destas, na estimativa de França (2016) foram incluídas outras duas em virtude da representatividade destas atividades na região: Indústria Têxtil e Indústria de Calçados. Estas indústrias, e as respectivas taxas de consumo de água adotadas estão listadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo das atividades a serem implantadas no Complexo.

Tipo de Indústria	Consumo de água adotado (Muñoz, 2000)	Número de unidades industriais
Indústria de alimentos	7,9 m ³ /dia/empregado	22
Indústria Metal-Mecânica	1,9 m ³ /dia/empregado	80
Fábrica de tintas	3,2 m ³ /dia/empregado	3
Indústria Têxtil	0,5 m ³ /dia/empregado	1
Indústria de calçados	0,0018 m ³ por unidade produzida	1

Fonte: CAMPINA GRANDE (2016).

Os cálculos das estimativas foram feitos de acordo com a Equação 4:

$$D_i = C_{pi} \times N_{emp} \quad (4)$$

Onde:

D_i é a Demanda por indústria – em *l/dia*

C_{pi} é o consumo *per capita* adotado para cada tipo de indústria – em *l/empregado.dia*

N_{emp} é o número estimado de empregados para cada tipo de indústria

Para as indústrias, sugeriu-se como mecanismo poupador o reuso de águas cinzas. Foram simulados cinco cenários de economia, cada um com seu respectivo percentual de água que se tornará efluente destinado ao reuso. O cenário XI é representado pela economia de 52%, encontrada por França (2016) (Tabela 3).

Tabela 3 - Economia alcançada pelo cenário XI.

Tipo de indústria	Demanda estimada (l/dia)	Percentual que se tornará efluente	Vazão do efluente gerado (l/dia)
Indústria de alimentos	41.954.446,3	0,50	20.977.223,1
Indústria Metal-Mecânica	2.249.182,0	0,70	1.574.427,4
Fábrica de tintas	160.000,0	0,70	112.000,0
Indústria Têxtil	75.000,0	0,70	52.500,0
Indústria de calçados	1.006.182,0	0,70	704.327,4
Total	45.444.810,3		23.420.477,9
Redução	52%		

Fonte: Adaptado de FRANÇA (2016).

O percentual do cenário XI corresponde à economia final de água no consumo do complexo industrial, resultante da aplicação de percentuais de aproveitamento de água para reuso, que variam conforme o tipo de indústria. Como forma de criar outros cenários de economia aqui chamados de XII, XIII, XIV e XV, variou-se estes percentuais numa escala de menos 5% em cada um dos demais cenários, e obteve-se o percentual de economia no consumo final do complexo industrial para cada um deles (Tabela 4).

Tabela 4 - Percentuais de aproveitamento de efluente conforme o tipo de indústria.

Tipo de indústria	Percentual que se tornará efluente				
	XI	XII	XIII	XIV	XV
Indústria de alimentos	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Indústria Metal-Mecânica	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
Fábrica de tintas	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
Indústria Têxtil	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
Indústria de calçados	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50

Fonte: Adaptado de FRANÇA, 2016.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 ESTIMATIVA DAS DEMANDAS

Primeiramente, as demandas de água foram calculadas para o cenário convencional, aqui entendido como o de uso normal, sem a intervenção de mecanismos poupadores de consumo. O cálculo para o complexo habitacional foi feito de acordo com as Equações 1, 2, 3. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 - Estimativa da demanda de água para o cenário convencional do complexo habitacional.

Tipo de edificação	Demanda estimada de água por unidade (l/dia)	Demanda estimada de água para todas as unidades (l/dia)
Casa e Apartamento	415,5	1.703.607,4
Escola	15.900,0	31.800,0
Creche	26.520,0	79.560,0
Total	42.835,5	1.814.967,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Vale salientar que o cálculo das demandas considerou as 4.100 unidades habitacionais que já estão construídas, sendo 3012 unidades do tipo casa e 1088 do tipo apartamento, além de 2 escolas e 3 creches. Há previsão da construção de mais 6.000 unidades habitacionais. Para o componente industrial, a demanda foi estimada de acordo com a Equação 4. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa da demanda de água para o cenário convencional do complexo industrial.

Tipo de indústria	Demanda estimada (l/dia)
Indústria de alimentos	41.954.446,3
Indústria Metal-Mecânica	2.249.182,0
Fábrica de tintas	160.000,0
Indústria Têxtil	75.000,0
Indústria de calçados	1.006.182,0
Total	45.444.810,3

Fonte: Elaborado pela autora.

A indústria metal-mecânica, embora seja o tipo com o maior número de unidades, não apresentou a maior demanda. O maior consumo foi alcançado pela indústria de alimentos, cuja demanda corresponde a 92,32% do consumo final do complexo industrial. Pode-se atribuir esse resultado ao alto valor do consumo de água por empregado,

justificado pelo fato de que, neste tipo de indústria, a água é usada como veículo para aquecimento e resfriamento, assim como para limpeza de equipamentos. Além disso, é usada como um ingrediente ou como veículo para incorporar ingredientes a alimentos. A indústria têxtil apresentou o menor valor de demanda de água.

5.2 MECANISMOS POUPADORES E A EFETIVA REDUÇÃO DO CONSUMO

5.2.1 Complexo Habitacional

Posteriormente ao cálculo da estimativa das demandas para o cenário convencional, foi feita a simulação de cenários resilientes de gestão de demanda, através do emprego dos mecanismos poupadores de consumo selecionados. Ao relacionar os dados de distribuição de consumo de água em uma edificação, de Mierzwa *et al.* (2006) para as residências e de Fasola *et al.* (2011) para escolas e creches, obteve-se a representatividade de cada aparelho sanitário no consumo total da edificação. Pode-se observar que Mierzwa *et al.* (2006) faz uma distinção entre as distribuições de consumo para edificações verticais e horizontais. Uma possível justificativa seria a existência de uma área maior destinada à rega de jardim, no caso das edificações horizontais. As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados obtidos:

Tabela 7 - Distribuição do consumo nas residências.

Aparelhos sanitários convencionais	Representatividade nos edifícios (%)		Distribuição do consumo por aparelho para cada unidade (l/dia)		Consumo por aparelho para todas as unidades (l/dia)	
	Casa	Apart.	Casa	Apart.	Casa	Apart.
Bacia sanitária	7	8	29,1	33,2	87.607,0	36.166,3
Cozinha (torneira)	9	10	37,4	41,6	112.637,5	45.207,9
Lavatório	15	17	62,3	70,6	187.729,2	76.853,5
Chuveiro	55	61	228,5	253,5	688.340,5	275.768,3
Outros usos*	14	4	58,2	16,6	175.213,9	18.083,2
				Consumo total	1.251.528,2	452.079,2

Fonte: Elaborado pela autora.

* tanque; rega de jardim.

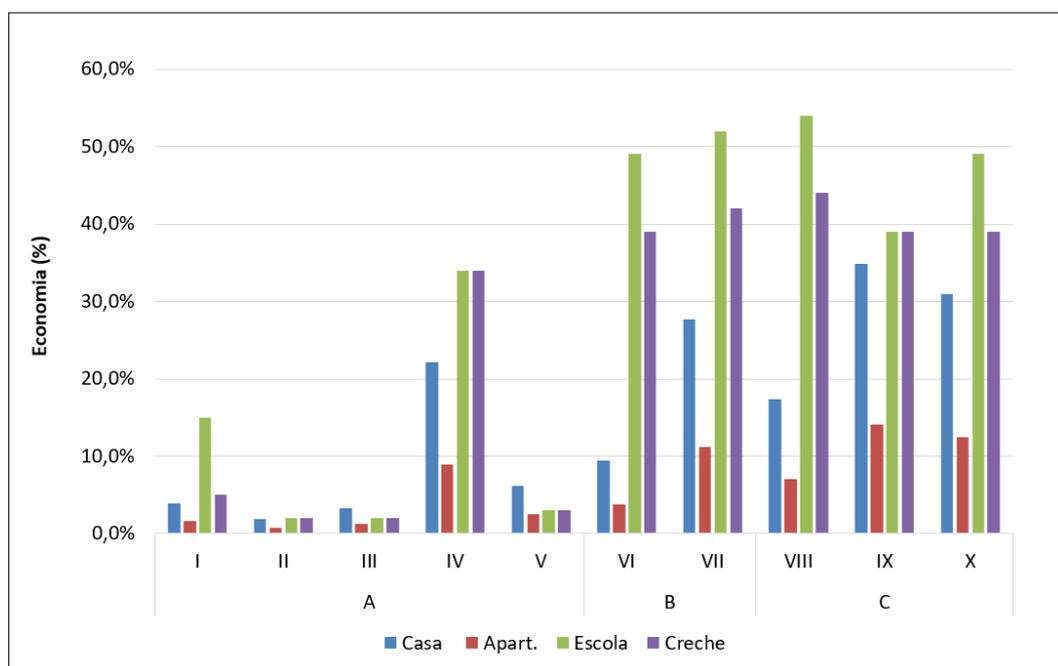
Tabela 8 - Distribuição de consumo nas escolas e creches.

Aparelhos sanitários convencionais	Representatividade nos edifícios (%)	Distribuição do consumo por aparelho para cada unidade (l/dia)		Consumo por aparelho para todas as unidades (l/dia)	
		Escola	Creche	Escola	Creche
Lavatório	3,9	620,1	1.034,3	1.240,2	3.102,8
Bacia sanitária	19,6	3132,3	5.224,4	6.264,6	15.673,3
Mictório	0,3	52,5	87,5	104,9	262,5
Limpeza	6,2	985,8	1.644,2	1.971,6	4.932,7
Cozinha	68,8	10.907,4	18.192,7	21.814,8	54.578,2
Bebedouro	1,27	201,93	336,8	403,9	1.010,4
			Consumo total	31.800,0	79.560,0

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir das distribuições de consumo para cada tipologia, pôde-se aplicar sobre a porcentagem que cada aparelho representa no consumo da edificação a economia gerada pelo equipamento poupador escolhido. A economia alcançada pelos cenários no consumo de cada tipologia está apresentada na Figura 30.

Figura 30 - Economia de cada cenário por tipologia construtiva.



Fonte: Elaborado pela autora.

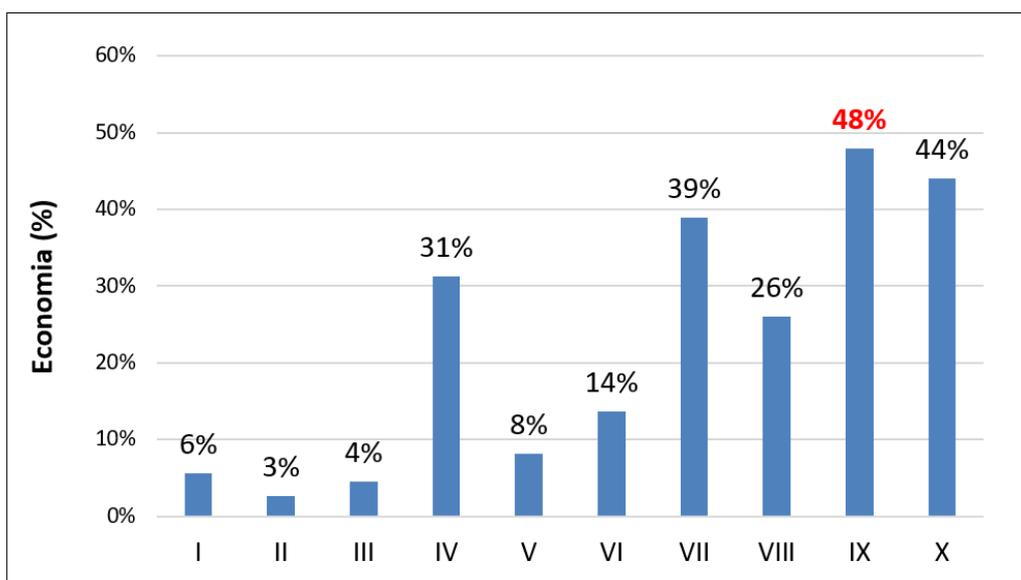
O consumo final do complexo habitacional totaliza 1.814.967,4 l/dia, ou seja, o consumo total representado pela soma dos consumos das 4.100 unidades habitacionais, 2 escolas e 3 creches. De posse dos resultados de cada cenário, calculou-se o impacto de cada um deles neste consumo (Tabela 9). O resultado está apresentado em termos percentuais na Figura 31.

Tabela 9 - Economia proporcionada por cada cenário no consumo final do complexo habitacional.

Grupos	Cenários	Demanda (l/dia)	Economia (l/dia)
A	I	1.713.520,64	101.446,76
	II	1.766.474,02	48.493,37
	III	1.733.686,89	81.280,51
	IV	1.246.511,07	568.456,33
	V	1.665.994,76	148.972,64
B	VI	1.567.625,52	247.341,88
	VII	1.345.471,64	469.495,76
C	VIII	936.843,33	878.124,07
	IX	1.023.228,05	791.739,35
	X	1.105.602,94	709.364,46

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 31 - Percentual de economia no consumo final do complexo habitacional.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dos valores da Tabela 9, pode-se observar que alguns dos cenários simulados proporcionaram reduções significativas no consumo final do complexo habitacional.

O grupo A, no qual os cenários adotaram um único equipamento poupador por tipologia, pode justificar, por este fato, os menores percentuais de economia encontrados. A exceção foi o Cenário IV que, por meio da substituição apenas do chuveiro pelo modelo com restritor de vazão nas residências e da adição de um dispositivo arejador nas torneiras de cozinha das escolas e creches, gerou uma economia de 31%, bastante acima dos demais percentuais do grupo.

No grupo B, os cenários adotam dois equipamentos poupadores em cada tipologia, e o Cenário VI, em virtude do acréscimo de mais um equipamento poupador, pôde alcançar uma economia de 14%. O Cenário VII proporcionou redução de 39%. O intuito com as substituições propostas neste cenário foi aplicar intervenções apenas nos aparelhos de maior consumo nas residências (chuveiro e torneira de banheiro) e nas escolas e creches (torneira de cozinha e a bacia sanitária). O resultado foi uma redução bastante satisfatória para o conjunto de mecanismos poupadores empregados.

Por último, o Grupo C inclui os cenários que adotaram 3 ou mais equipamentos poupadores. O Cenário VIII alcançou uma economia de 26% no consumo final do Complexo e, quando comparado ao Cenário IV, observa-se que apesar de apresentar um conjunto com um número maior de mecanismos, proporcionou uma redução menor do que o deste.

Para o Cenário IX, houve economia final de 48%. Dentre os 10 cenários analisados, foi o que proporcionou maior redução, que é justificada pela adoção, em todas as unidades residenciais, de um conjunto de mecanismos que abrange todos os aparelhos sanitários considerados, haja vista que o consumo destas unidades é expressivamente superior aos das escolas e creches. Para o Cenário X, obteve-se uma redução no consumo de 44%, segunda maior entre os cenários avaliados. Comparando com o cenário anterior, observa-se que a redução variou de 48% para 44%, e essa diferença, referente à retirada da bacia de acionamento duplo do conjunto de poupadores no Cenário X, ressalta a maior viabilidade das substituições em termos de menor mão de obra e custos, demonstrando que, mesmo com um número menor de poupadores, proporciona uma economia bastante próxima à do Cenário IX.

Vale salientar que, mesmo apresentando um consumo bastante inferior ao das residências, as intervenções nas escolas e creches são importantes, considerando que estes são ambientes propícios à aprendizagem de práticas de consumo racional, e além disso, a tendência é que a demanda total do complexo aumente com o tempo, fazendo com que essas reduções se tornem significativas.

Embora a transposição das águas do Rio São Francisco tenha evitado, naquele momento, o risco de colapso do manancial que abastece Campina Grande, esta, por si só, não garante que novas crises hídricas não venham a acontecer. Todo o processo que leva às situações de crise encontra-se enraizado em uma gestão dos recursos hídricos que emprega, desde sempre, como solução para estas crises, a ampliação da oferta hídrica em detrimento de alternativas como a redução do consumo.

Com base no histórico de crises hídricas de Campina Grande, agravadas por uma gestão das águas deficiente, o planejamento urbano deve ser pensado sob a perspectiva do quanto o processo de expansão urbana irá sobrecarregar a infraestrutura, especialmente os serviços de saneamento, considerando que parte da população ainda não tem acesso a esses serviços. Na região Nordeste, o índice de atendimento de água é 74,2%, segundo o Brasil (2018). Além disso, essa parcela da população que ainda enfrenta dificuldades no acesso ao saneamento básico, tem sua situação agravada, como ocorre neste momento (Março de 2020), onde o mundo enfrenta uma pandemia de um novo vírus que causa doença respiratória, quando uma das maneiras de se prevenir do contágio é justamente a higienização constante das mãos com água e sabão. Infere-se, portanto, que a expansão da cidade deve ser acompanhada da necessária ampliação da sua infraestrutura, de maneira que o atendimento aos serviços urbanos alcance a todos de forma satisfatória, incluindo quem habita nas áreas periféricas, regiões onde há uma maior carência desse atendimento.

Dessa forma, a inserção de um empreendimento com o porte do Complexo Aluízio Campos implica em uma necessidade urgente de se empregar, em seus componentes, alternativas de gestão de demanda de água, de forma a mitigar os seus impactos não só no sistema de abastecimento de água de Campina Grande, como também nos demais serviços de saneamento (sistema de coleta e tratamento de esgoto, sistema de drenagem urbana, coleta e tratamento de resíduos sólidos urbanos).

Como foi verificado neste trabalho, substituições simples nos aparelhos sanitários, que não exigem grandes esforços e adaptações por parte do usuário, aumentando assim a sua viabilidade de implementação, proporcionam reduções de consumo significativas. Deste modo, destaca-se aqui a oportunidade de conceder um uso mais eficiente da água urbana, por meio de intervenções nos novos empreendimentos habitacionais e da adaptação de edificações existentes e de criação de uma cultura de economia.

Com base nisto, é de extrema importância que o processo de ocupação do solo ocorra de forma integrada à necessária ampliação da infraestrutura urbana para o atendimento das novas demandas e, no que tange aos recursos hídricos, que seja cada vez mais recorrente a busca por alternativas de gestão de demanda de água, para que a cidade consiga passar por situações de escassez hídrica sem levar ao colapso seu sistema de abastecimento de água, em outras palavras, para que se torne um sistema dotado de maior resiliência.

5.2.2 Complexo Industrial

Os valores para demanda de água e taxa de reuso das atividades industriais a serem implantadas no Complexo Aluízio Campos foram estimados levando em consideração fatores que podem sofrer variações. A realização de uma estimativa mais fiel às condições reais depende da disponibilidade de um maior número de informações a respeito das atividades que serão realizadas no Complexo, como número de empregados, área construída, tecnologias e equipamentos utilizados, além do volume de água consumido por cada indústria. Para o complexo industrial, foram simulados cinco cenários de economia a partir do resultado encontrado por França (2016). A Tabela 10 apresenta a demanda de cada cenário.

Tabela 10 - Economia de cada cenário no consumo do complexo industrial.

Cenário	Demanda (l/dia)
Convencional	45.444.810,3
XI	21.813.508,93
XII	24.085.749,44
XIII	26.357.989,95
XIV	28.630.230,47
XV	30.902.470,98

Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores de redução encontrados mostraram-se satisfatórios, considerando o porte da demanda final do complexo industrial. O cenário XI, de acordo com França (2016), alcançou o melhor resultado. Dessa forma, como os demais cenários foram simulados com percentuais de reaproveitamento de efluente menores que o do cenário XI, conseqüentemente, seus resultados foram reduções menores do que a deste. Dentre os demais cenários simulados, o que apresentou maior percentual de reaproveitamento foi o cenário XII. A escolha dos tipos de reuso dependerá do nível de tratamento do efluente, sendo uma possibilidade inicial o uso macro interno, ou seja, as indústrias reutilizarem os efluentes gerados internamente e para o mesmo tipo de uso que os originaram.

6. DIRETRIZES PARA O AUMENTO DA RESILIÊNCIA DE CIDADES

6.1 INTERVENÇÕES EM NOVOS EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS

Não houve, para o caso do Complexo Aluizio Campos, uma preocupação em proporcionar a sua autossustentabilidade em relação à água, diante do contexto de vulnerabilidade hídrica que possui a cidade de Campina Grande. Com base nisto, torna-se de grande necessidade a busca por novas abordagens para a promoção da resiliência e da conseqüente redução da vulnerabilidade ao desabastecimento de água.

O uso de equipamentos poupadores promove uma redução efetiva no consumo de água, e apresenta como vantagem a necessidade de intervenções pequenas que, em termos de conjunto habitacional, acabam representando um valor ínfimo de implantação em relação ao custo total disponibilizado para a obra, considerando que, de acordo com valores praticados na construção civil, as instalações hidráulicas representam de 9 a 12% do custo final de uma obra. Sendo assim, na construção das edificações sob a perspectiva da necessidade de uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos, a estratégia de empregar os equipamentos poupadores é bastante relevante, uma vez que é composta de pequenas ações que conseguem proporcionar grande economia de água.

6.2 REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

As indústrias, que demandam uma grande quantidade de água para os seus sistemas de resfriamento, representam fontes potenciais de reuso de águas residuárias. No caso estudado, a demanda estimada para as indústrias listadas, expressivamente superior à demanda dos demais componentes do complexo – corresponde a um valor em torno de 96% do consumo final do Aluízio Campos – tende a aumentar no ritmo de instalação das demais atividades. Dessa forma, torna-se imprescindível a criação de iniciativas que visem a promoção do uso mais racional da água, de forma a garantir a sustentabilidade das atividades industriais no Complexo.

Iniciativas como o reuso exigem, a depender do uso para o qual será destinada, um determinado grau de tratamento, o que demandaria recursos financeiros que, talvez, não fossem compensados para o contexto municipal. Dessa forma, esta iniciativa exige uma análise técnico-financeira detalhada para avaliar a viabilidade da sua aplicação.

6.3 LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA COMO VEÍCULO PARA IMPLANTAÇÃO DE MUDANÇAS NOS PADRÕES CONSTRUTIVOS

O Complexo Aluízio Campos tem, atualmente, 80% de sua área prevista em zona urbana, mais especificamente, na Zona de Ocupação Dirigida, prevista pelo Plano Diretor atual (Lei Complementar nº 003, de 09 de outubro de 2006), que consitui-se na zona onde o uso e a ocupação do solo tem previstas restrições à intensificação, por inexistirem condições físicas favoráveis, equipamentos urbanos ou infraestrutura urbana instalada, sendo passível de parcelamento de baixa densidade ocupacional. Contudo, o complexo já tem 4.100 unidades construídas e prevê a construção de mais de 6 mil unidades habitacionais, além de vários equipamentos industriais, logísticos e tecnológicos.

A Operação Urbana Consorciada, instrumento urbanístico definido no Estatuto da Cidade (Lei 10257/2001), é o conjunto de intervenções e medidas coordenadas pelo Poder Público municipal, com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados, com o objetivo de alcançar em uma área transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e a valorização ambiental (BRASIL, 2001). Tem sido a ferramenta utilizada para permitir a flexibilização necessária de regulação específica do solo para determinados projetos complexos, que

contrariam a regulação urbana e as restrições normativas muitas vezes previstas nos Planos Diretores e Leis de Uso e Ocupação do Solo (MIRANDA *et al.* 2019).

Entretanto, no caso de Campina Grande, o instrumento está citado no Plano Diretor Municipal, mas não regulamentado e, por consequência, não foi acionado no caso do Complexo Aluizio Campos. De acordo com o artigo 32 da Lei nº 10257/2001, parágrafo 2º, poderão ser previstas nas operações urbanas consorciadas, entre outras medidas: - a concessão de incentivos a operações urbanas que utilizam tecnologias visando a redução de impactos ambientais, e que comprovem a utilização, nas construções e uso de edificações urbanas, de tecnologias que reduzam os impactos ambientais e economizem recursos naturais, especificadas as modalidades de *design* e de obras a serem contempladas. Ou seja, a possibilidade de obter incentivos para implementar intervenções como os mecanismos poupadores de consumo de água em edificações está prevista na Lei, porém não encontra-se regulamentada e conseqüentemente, não foi executada no caso do complexo.

Dessa forma, pelo grande porte e especificidades, e do impacto que irá ocasionar na rede de distribuição de água de Campina Grande, os componentes do Complexo Aluizio Campos devem contar com intervenções que minimizem esse impacto. Entretanto, o grande desafio consiste na utilização da Legislação Urbanística como forma de viabilizar a obrigatoriedade do emprego de intervenções que proporcionem a redução do consumo de água, como os mecanismos poupadores. Esforços devem ser feitos para promover a regulamentação de instrumentos legais que possibilitam a concessão de incentivos para construções que utilizam tecnologias que reduzam os impactos ambientais e economizem recursos naturais. A inclusão de instrumentos na legislação, por si só, não garante a sua eficácia, uma vez que esta dependerá da sua correta implementação e fiscalização.

6.4 O PRINCÍPIO PROTETOR-RECEBEDOR COMO INCENTIVO À REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

Está prevista em textos da legislação brasileira como a Política Nacional do Meio Ambiente - Lei federal nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981) - e a Lei de Crimes Ambientais - Lei federal nº 9.605/1998 (BRASIL, 1998) a adoção do princípio poluidor-pagador, pautado na aplicação de multas por desperdício de água.

O princípio protetor-recebedor surge para complementar ou substituir a mera proibição e incentivar a cultura de ações positivas (ALTMANN, 2012). Ele busca motivar financeiramente, por instrumentos fiscais, creditícios ou tributários, quem protege o meio ambiente (HUPFFER *et al.*, 2011).

Quanto a esse princípio, são concedidos descontos ou isenção de taxas e subsídios para a compra de dispositivos economizadores de água ou de equipamentos coletores de água pluvial. Como exemplo, o estado da Paraíba adotou o incentivo econômico, com desconto de até 20% na conta de água para o consumidor que reduzir o consumo - Lei nº 9.449 (PARAÍBA, 2011), o qual está expresso no seu Artigo 1º: “Todos os titulares de unidades consumidoras de água, seja residencial, comercial ou industrial, que reduzirem o consumo de água, terão direito a um bônus desconto de 20% (vinte por cento) sobre a economia realizada”. Entretanto, a lei ainda não foi regulamentada.

Destaca-se também o IPTU Verde, aplicado nas cidades de Araraquara - Lei municipal nº 7.152 (ARARAQUARA, 2009) -, Curitiba - Lei municipal nº 9.806 (CURITIBA, 2000) - e Guarulhos. Nesta última, um desconto de até 20% é concedido aos imóveis equipados com sistemas de captação de água da chuva, de reuso da água, de aquecimento hidráulico solar e/ou de aquecimento elétrico solar - Lei municipal nº 6.793 (GUARULHOS, 2010).

Depreende-se que esse sistema pode contribuir para a economia de água, já que a aplicação do princípio poluidor-pagador influencia negativamente na tarifa, tornando-a mais onerosa ao consumidor. A aplicação do princípio protetor-recebedor interfere de modo positivo, uma vez que são usados pelo poder público para iniciar processos que visam promover mudanças no comportamento da população (GUTIERREZ *et al.*, 2017).

Diante do exposto, infere-se que os incentivos econômicos podem auxiliar na gestão dos recursos hídricos, uma vez que ao estabelecerem um sistema de recompensa aos usuários que conseguem reduzir seu consumo de água, conseguem também promover uma mudança no padrão de comportamento da população, no sentido do uso consciente e sustentável desse recurso.

De forma similar, esse princípio seria uma boa alternativa para o caso do Complexo Aluizio Campos. Mediante os resultados obtidos no presente estudo, a oferta de subsídios aos moradores do complexo para a compra de dispositivos economizadores de água é

uma ferramenta com grande potencial de aplicabilidade, considerando a dimensão deste empreendimento e o fato de seus moradores estarem classificados como de baixa renda.

7. CONCLUSÕES

O Aluizio Campos está localizado, de acordo com o Plano Diretor do Município, na Zona de Ocupação Dirigida que, pelas suas características, seria incompatível com os componentes do complexo, considerando seu grande porte e especificidades. Porém, a questão não se restringe a uma revisão do zoneamento da cidade, há questões ambientais importantes a considerar, especialmente no que diz respeito aos recursos hídricos.

Observou-se que na legislação urbanística há incompatibilidades entre as exigências para cada zoneamento e a realidade no local. Além disso, embora o incentivo para a construção de edificações que empregam tecnologias que reduzam os impactos ambientais, como a escassez hídrica, esteja contemplado sob a forma de instrumento no Plano Diretor, este não se encontra regulamentado, e portanto, não pode ser efetivado.

A ausência na legislação de instrumentos que tratem da ocupação do solo em lugares complexos e ambientalmente frágeis, como as áreas periurbanas, que além disso, estão localizadas, no caso de Campina Grande, numa região de clima semiárido, demonstra a necessidade imediata da criação de normas municipais que incentivem o uso racional da água.

A busca pela compreensão das pressões e condições inerentes às áreas periurbanas, no que tange ao planejamento de uma infraestrutura de abastecimento de água potável integrada ao processo de planejamento de uso e ocupação do solo, trouxe como resultado a percepção de que existe, de fato, uma desarticulação entre o processo de expansão urbana e a ampliação da infraestrutura para o atendimento das novas demandas urbanas de água, e que essa situação agrava-se quando se trata de áreas periurbanas, em virtude de diversas questões de ordem econômica, social e ambiental, uma vez que o distanciamento dessas áreas em relação às regiões centrais acaba colocando-as em situações de vulnerabilidade.

Com base na caracterização do complexo, em termos de população e usos do solo, foram estabelecidos cenários de ocupação convencionais e resilientes, para o período presente, e foram estimadas as demandas de água para cada cenário. Uma possibilidade

de continuidade para este estudo é realizar esta estimativa para cenários de ocupação futuros.

Sendo assim, foi avaliada a redução do consumo de água a partir da utilização de cenários resilientes, através do emprego de mecanismos poupadores, e concluiu-se que são ferramentas eficientes para promover a gestão da demanda de água. Utilizando mecanismos poupadores nas residências, escolas e creches do Complexo, obteve-se redução de até 48% no seu consumo final. Deve-se ressaltar que o emprego dos poupadores consiste na simples substituição/adaptação dos aparelhos convencionais, não sendo necessárias grandes intervenções na edificação e nem mudanças drásticas no comportamento dos usuários.

Para o uso industrial, o reuso constitui uma ferramenta eficiente para promover a redução do consumo, com valores de economia de até 52%. Ações de gestão de demanda para este uso são especialmente importantes, tendo em vista a representatividade deste no consumo final do complexo, e que este apresenta grande potencial de crescimento, com a instalação de novas atividades industriais previstas para o complexo.

No caso estudado, há uma intenção de marketing sobre pilares de sustentabilidade ambiental, o que agrava o fato de que, iniciativas de uso racional da água, não estiveram previstas nem no projeto, nem durante a execução do empreendimento. Fato ainda mais alarmante em uma cidade com histórico de crises hídricas como a cidade em questão.

Neste contexto, analisando o uso de mecanismos poupadores tão simples e acessíveis quanto os propostos por este estudo, é possível concluir que uma melhor regulamentação no que concerne ao código de obras de um município ou da legislação pertinente ao uso e ocupação do solo, poderiam contemplar exigências de uso racional de água como os dispositivos poupadores estudados. Estes, mostraram-se através das estimativas e cenários simulados, ferramentas eficientes para promover a gestão sustentável da demanda de água e com potencial para minimizar o problema da escassez hídrica não apenas em períodos de crise, mas promovendo um comportamento resiliente em longo prazo.

Os resultados encontrados são válidos para o complexo estudado e geram impactos no município em que está inserido. O mesmo estudo poderia ser replicado em

empreendimentos semelhantes, a exemplo de outros tantos grandes complexos habitacionais em construção ou em fase de elaboração de projetos no Brasil.

7.1 RECOMENDAÇÕES PARA OUTROS ESTUDOS

Uma possibilidade para próximos estudos é a verificação da economia proporcionada pelo emprego de mecanismos poupadores em cenários populacionais futuros, para a quantificação do impacto a longo prazo. Outra possibilidade é aplicar o emprego dos poupadores também para o uso industrial, quando estiverem definidos e conhecidos os projetos e informações acerca das atividades industriais a serem instaladas no Complexo Aluizio Campos.

Outra alternativa é o estudo do impacto da associação do uso de equipamentos poupadores com a captação de água de chuva em residências, com o reuso desta podendo ser destinado à lavagem de pisos ou descarga da bacia sanitária e, no caso das indústrias, a água proveniente da captação poderia ser utilizada para o resfriamento de máquinas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABANSI, C.L.; HALL, R.A.; SIASON, I.M.L. 2018. **Water Demand Management and Improving Access to Water**. In *Global Issues in Water Policy* 8, p. 233–59, 2018. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70969-7_11.

AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba). **Aesa confirma não haver previsão para retomada do bombeamento de água para Boqueirão, 2019**. Disponível em < <https://paraibaonline.com.br/2019/06/aesa-confirma-nao-haver-previsao-para-retomada-do-bombeamento-de-agua-para-boqueirao/>>. Acesso em: 05/11/2019.

ALMEIDA, M. F. de; GÜNTHER, W. M. R.; PAZ, M. G. A. da. **Prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos, SP**. *Revista brasileira de epidemiologia*, vol.15, n.1, São Paulo, 2012.

ALTMANN, A. **Princípio do preservador-recebedor: contribuições para a consolidação de um novo princípio de direito ambiental a partir do sistema de pagamento por serviços ambientais**. In: SILVEIRA, C. E. M. (Org.) *Princípios do direito ambiental: atualidades*. Caxias do Sul: Educs. v. 1, 2012.

ALVES, P.B.R.; RUFINO, I.A.A.; FEITOSA, P.H.C.; DJORDJEVIĆ, S.; JAVADI, A. **Land-Use and Legislation-Based Methodology for the Implementation of Sustainable Drainage Systems in the Semi-Arid Region of Brazil**. Sustainability, v. 12, n. 661. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12020661>.

ANA (Agência Nacional De Águas). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 72 p, 2018.

ANA (Agência Nacional De Águas). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 110 p, 2019.

ARARAQUARA. Lei municipal nº 7.152, 8 de dezembro de 2009. **Concede isenção de imposto predial e territorial urbano para propriedades que conservarem área arborizada – IPTU verde**. Diário Oficial do Município de Araraquara, Araraquara, 2009.

ARAÚJO, E. L. **Estimativa e análise do crescimento da demanda de água considerando cenários de uso e ocupação do solo**. Dissertação de Mestrado. Campina Grande - PB. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2012.

ARAÚJO, M.D.; RIBEIRO, M.M.R.; BRAGA, C.F.C. **Integrando a Modelagem da Alocação de Água ao Sistema de Indicadores FPEIR: Aplicação ao Semiárido do Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, p. 1167–81, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019184425>.

ARAÚJO, E.L.; RUFINO, I.A.A.; LUNGUINHO, R.L. **Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite**. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba-PR, Brasil, p.0783, 2011.

AREJADOR. **Regulador/restritor de vazão para chuveiros ou torneiras, 2020**. Disponível em < <http://arejador.com.br/#produtos> > Acesso em: 03/01/2020.

BAK, J. **Wise use of water in smart cities - possibilities and limitations**. E3S Web of Conferences 30, Water, Wastewater and Energy in Smart Cities, 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183001014>

BAKKER, K. **Water security: Research challenges and opportunities.** Science 337 (6097): 914–915, 2012. [HTTPS://DOI.ORG/10.1126/SCIENCE.1226337](https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1226337).

BAKKER, K., & MORINVILLE, C. **The governance dimensions of water security: A review.** Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci., 2013. 20130116. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0116>.

BARROS, M. B. **Avaliação de mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano em Campina Grande – PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 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, v. 21, n.1, p. 251-262, 2016.

BRASIL. Lei federal nº 6.938, de 3 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.

BRASIL. Lei federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.**

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.**

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.**

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.: il.

BROWN, R. R., KEATH, N., WONG, T. H. F. **Urban water management in cities: historical, current and future regimes**. Water Science & Technology, v. 595, p. 847-855, 2009.

CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba). **CAGEPA lança campanha para combater o desperdício de água em Campina Grande, 2013**. Disponível em < <http://www.cagepa.pb.gov.br/cagepa-lanca-campanha-para-combater-o-desperdicio-de-agua-em-campina-grande/>> Acesso em 05/11/2019.

CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba). **Relatório de Informações Cadastrais**. Campina Grande, 2008.

CAMPINA GRANDE. **Campina Grande 2035. Visão de Futuro. P8 Complexo Aluízio Campos**. Campina Grande, 2017. (Datashow). Disponível em < <http://www.campinagrande2035.com.br/> >

CAMPINA GRANDE. Lei complementar Nº 003, de 09 de outubro de 2006. **Promove a revisão do Plano Diretor do Município de Campina Grande**. Campina Grande, 2006.

CAMPINA GRANDE. SEPLAN (Secretaria de Planejamento, Gestão e Transparência), 2016.

CASA E CONSTRUÇÃO. Economize água com a válvula de descarga. Disponível em: < <https://www.cec.com.br/blog/economize-agua-com-a-valvula-de-descarga?postId=8> > Acesso em: 19 de janeiro de 2020.

CISNEROS, JIMÉNEZ, BLANCA, E., OKI, TAIKAN, ARNELL, NIGEL W., BENITO, GERARDO, GRAHAM COGLEY, J., DOLL, PETRA, JIANG, TONG, MWAKALILA, SHADRACK S. **Freshwater Resources**, 2014. <http://centaur.reading.ac.uk/38977/>.

CLEMENTINO, M. do L. M.; SOUZA, M. A. DE A. **Conjuntura urbana: como andam Natal e Recife**. Rio de Janeiro: Letra Capital – Observatório das Metrôpoles, V. 6, 2009.

COSTA, C. H. A.; ILHA, M. S. O. **Legislação para Aproveitamento de Águas Cinzas em Edifícios Residenciais: O Caso da Cidade de Guarulhos**. XI SISPREL – Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba/PR, 2009.

CORSINI, Rodnei. **Soluções para reuso de águas cinza**. Disponível em: < <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/21/solucoes-tecnicas-saiba-como-funcionam-os-sistemas-de-tratamento-273285-1.aspx> > Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas Sanitárias**. 6 ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos, 465 p., 2010.

CURITIBA. **Rios da cidade: recursos hídricos, 2008**. Disponível em: <<http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2010/00085317.pdf>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2019.

DIAS, D.M.; MARTINEZ, C.B.; LIBANIO, M. **Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 2, p. 155-166, 2010.

ECYCLE. **Chuveiro "inteligente" interrompe fluxo de água assim que usuário se afasta**. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/4470-chuveiro-interrompe-fluxo-de-agua-assim-que-usuario-se-afasta-para-economizar-agua.html> > Acesso em: 24 de fevereiro de 2019.

EGGIMANN, S.; MUTZNER, L.; WANI, O.; SCHNEIDER, M.Y.; SPUHLER, D.; VITRY, M.M.; BEUTLER, P.; MAURER, M. **The Potential of Knowing More: A Review of Data-Driven Urban Water Management**. Environmental Science and Technology, v. 51, n.5, p. 2538-2553, 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04267>.

FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.

FARR, D. **Urbanismo Sustentável: Desenho urbano com a natureza**, 1 ed. Bookman, Porto Alegre, 2013.

FEINGOLD, D.; KOOP, S.; LEEUWEN, K. V. **The City Blueprint Approach: Urban Water Management and Governance in Cities in the U.S.** Environmental Management, v. 61, p. 9–23, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0952-y>.

FERGUSON, B.C.; FRANTZESKAKI, N.; BROWN, R.R. **A strategic program for transitioning to a Water Sensitive City.** Landsc. Urban Plan., 117, 32–45, 2013.

FERRARI, C. Projeto moderno de cidade: os conjuntos habitacionais dos IAP na grande São Paulo. **Revista Urbana**, São Paulo, v.6, n. 8, p. 533-554, 2014.

FOLKE, C. Resilience: the emergence of a perspective for social - ecological systems analysis. **Glob. Environ. Change** 16 (3), 253–267, 2006.

FRANCO JUNIOR, R. S. **Água: economia e uso eficiente no meio urbano.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRANÇA, C.J. & BERGAMASCHI, R.B. **Mapeamento das áreas periurbanas do Espírito Santo.** Instituto Jones dos Santos Neves. Vitória, ES, 32p, 2011.

FRANÇA, L.R.C. **Estudo da demanda de água e viabilidade de reuso nas indústrias do Complexo Multimodal Aluizio Campos no município de Campina Grande –PB.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

FURST, Omar. **A história do vaso sanitário.** Disponível em: <<http://bibocaambiental.blogspot.com/2016/05/a-historia-do-vaso-sanitario.html>> Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

GARCIAS, C.M.; SANCHES, A.M. **Vulnerabilidades socioambientais e as disponibilidades hídricas urbanas: levantamento teórico-conceitual e análise aplicada à região metropolitana de Curitiba – PR.** Revista de pesquisa em Arquitetura e Urbanismo, v.10, n. 2, p. 96-111, 2009.

GRAFTON, Q., DANIELL, K. A., NAUGES, C., RINAUDO, J.-D., WAH, N. W., & EDITORS, C. **Understanding and managing urban water in transition**, 2015. Dordrecht: Springer [http://dx. doi.org/10.1007/978-94-017-9801-3](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-9801-3).

GRANDE, M. H.; GALVÃO, C. O.; MIRANDA, L. I. B.; GUERRA SOBRINHO, L. D. **A percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares**. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, p. 166-184, 2016.

GUARULHOS. Lei municipal nº 6.793, de 28 de dezembro de 2010. **Dispõe sobre o lançamento, arrecadação e fiscalização do Imposto Sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana – IPTU e dá outras providências**. Diário Oficial do Município de Guarulhos, Guarulhos, 2010.

GUEDES, M.J.F.; RIBEIRO, M.M.R.; VIEIRA, Z.M.C.L. **Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na escala de uma cidade**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 51–62, 2014. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n3.p51-62>.

GUERRA, H. R. **Proposta de gestão de demanda de água e análise de métodos de previsão na rede hoteleira de João Pessoa e Campina Grande-Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

GUTIERREZ, R. L.; FERNANDES, V.; RAUEN, W. B. **Princípios protetor-recebedor e poluidor-pagador como instrumentos de incentivo à redução do consumo de água residencial no município de Curitiba (PR)**. *Revista Engenharia Sanitária de Ambiental*, v.22, n.5, p. 899-909, 2017.

HAASE, D. **Effects of urbanisation on the water balance – a long-term trajectory**. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 29, n.4, p. 211–219, 2009.

HALL, J. & BORGOMEIO, E. **Risk-based principles for defining and managing water security**. *Phil. Trans. R. Soc. A* 37, 2013.

HENSTRA, D. **Toward the climate-resilient city: Extreme weather and urban climate adaptation policies in two canadian provinces**. *J. Comp. Policy Anal. Res. Pract.*, 14, 175–194, 2012.

HILL, D., B. KERKEZ, A. RASEKH, A. OSTFELD, B. MINSKER, AND M. K. BANKS. **Sensing and cyberinfrastructure for smarter water management: The promise and challenge of ubiquity.** J. Water Resour. Plann. Manage. 140 (7), 2014. 01814002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000449](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000449).

HUPFFER, H.M.; WEYERMÜLLER, A.R.; WACLAWOVSKY, W.G. **Uma análise sistêmica do princípio do protetor-recebedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais.** Ambiente & Sociedade, v. 14, n. 1, p. 95-114, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19/08/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>> . Acesso em: 19/08/2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>.

IPCC (Intergovernmental panel on Climate Change). **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). **Indicadores Educacionais, 2018. Disponível em** <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/indicadores-educacionais>> Acesso em: 03/06/2019.

IWA. **The 17 IWA Principles for Water-Wise Cities.** 2 ed. London: 2019, 6p.

KENWAY, S. J., LAM, K.L.; SOCHACKA, B.; MARGUERITE A. R. **Integrated Urban Water Systems.** In Decarbonising the Built Environment, p. 287–304, 2019. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7940-6_15.

LALL, UPMANU, DAVIS, JENNA, SCOTT, CHRISTOPHER, MERZ, BRUNO, LUNDQVIST. **Pursuing Water Security.** Elsevier, 2017.

LEROY MERLIN. Torneiras para Banheiro, 2019. Disponível em < <https://www.leroymerlin.com.br/torneiras-de-banheiro>> Acesso em: 19/08/2019.

LUCENA, D. P. M. **Simulações da implantação de ações de gestão no açude Epitácio Pessoa e seus impactos na crise hídrica em Campina Grande-PB e região.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

MAIA, D. S. **A periferização e a fragmentação da cidade: loteamentos fechados, conjuntos habitacionais populares e loteamentos irregulares na cidade de Campina Grande-PB, Brasil.** Scripta Nova - Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. V. XIV, N. 331 (80), 2010.

MALDONADO, A. D. P. Como é o cenário atual de reuso de água em edificações? Disponível em: < <http://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/como-e-o-cenario-atual-de-reuso-de-agua-em-edificacoes/> > Acesso em: 24 de janeiro de 2019.

MARCHESE, D.; JIN, A.; FOX-LENT, C.; LINKOV, I. **Resilience for Smart Water Systems.** Journal of Water Resources Planning and Management, v. 146, n.1, p.1-7, 2020.

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.

MARTINS, C. M. T.; MENDES, M. G. T.; ABREU, J. M.; ALMEIDA, J. P. L. DE; LIMA, J. P. de; LIMA, I. P. de. **Hidrologia urbana (Conceitos básicos),** 2010.

MCDONALD, ROBERT I., WEBER, KATHERINE, PADOWSKI, JULIE, FLÖRKE, MARTINA, SCHNEIDER, CHRISTOF, GREEN, PAMELA A., GLEESON, THOMAS, *et al.* **Water on an urban planet: urbanization and the reach of urban water infrastructure.** Global Environ. Change 27, 96–105, 2014.

MEHMOOD, Abid. **Of resilient places: planning for urban resilience.** European Planning Studies, 24:2, 407-419, 2016. DOI: 10.1080/09654313.2015.1082980

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; CODAS, B. V. B.; SILVA, J. O. P.; MENDES, R. L. **Avaliação econômica dos sistemas de reuso de água em empreendimentos imobiliários.** In: XXX Congreso de la Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta Del Este – Uruguay: 2006.

MIRANDA, L. I. B.; MORAES, D. A.; LIMA, J. B. S.; XAVIER, T. M.C. **Espraiamento e mercantilização do espaço urbano em Campina Grande: o caso do Complexo Aluizio Campos.** In: XVIII ENANPUR. Natal: 2019.

OBRA FÁCIL. Duchas & Chuveiros. Disponível em <<https://lojaobrafacil.com.br/duchas-e-chuveiros/>> Acesso em: 03/01/2019.

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

OMS & UNICEF. Relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines.** Geneva: 2017.

PARAÍBA. Lei estadual nº 9.449, de 12 de setembro de 2011. **Dispõe sobre o incentivo a redução do consumo de água no estado da Paraíba e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios.** 2015. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2015/default.shtm>. Acesso em: 19/08/2019.

QUEIROZ, L. M. N.; MORAIS, I. R.; ALOUFA, M. A. **Expansão Urbana e Vulnerabilidade Socioeconômica: Carto (Grafias) da Cidade.** Desenvolvimento em Questão, vol. 17, núm. 46, 2019.

QUEIROZ, M.V.D. Quem te vê não te conhece mais: Arquitetura e cidade de Campina Grande em Transformação (1930-1950). Campina Grande: EDUFPG. 2016.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. **Impactos na saúde das deficiências de acesso à água.** Revista Saúde e Sociedade, v.17, n.1, p.21-32, São Paulo, 2008.

RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; NUNES, T.H.C. **Novas considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa - a seca 2012-2014.** In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal, 2014.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R.; NUNES, T. H. C. **A gestão de recursos hídricos e a transposição de águas o rio São Francisco para o Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão.** In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis: p.1-8, 2017.

RÊGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; GALVÃO, C. O. **Participação da Sociedade na crise 1998-2000 no abastecimento d'água de Campina Grande-PB.** In: Proceedings of the Fourth Inter-American Dialogue on Water Management. Foz do Iguaçu-PR: 2001.

RENOULF, M. A., SERRAO-NEUMANN, S., KENWAY, S. J., MORGAN, E. A., LOW CHOY, D. **Urban water metabolism indicators derived from a water mass balance - Bridging the gap between visions and performance assessment of urban water resource management.** Water Research, 122, 669-677. 2017.

RENOULF, M.; KENWAY, S.; SERRAO-NEUMANN, S.; CHOY, D.L. **Urban metabolism for planning water sensitive cities;** Concept for an urban water metabolism evaluation framework. Clayton, Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2016.

ROUSE, Michael J. **Institutional Governance and Regulation of Water Services.** IWA Publishing, 2013.

ROSA, Mayra. Brasileiro cria vaso sanitário que gasta apenas 2 litros por acionamento. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/inovacao/tecnologia/brasileiro-cria-vaso-sanitario-que-gasta-apenas-2-litros-por-acionamento/>> Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

ROSSETTI, L. A. F. G.; ALMEIDA, C. M.; PINTO, S. A. F. **Análise de mudanças no uso do solo urbano e rural com a aplicação de modelagem dinâmica espacial.** In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p. 6316 - 6323, 2013.

SABESP. Norma Técnica Sabesp NTS 181. Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação. Revisão 4. São Paulo: 2017, 23 p.

SCATOLA, M.A.G. & TOMAZONI, J.C. **Análise da sustentabilidade em áreas de expansão urbana: um estudo em loteamentos da cidade de Francisco Beltrão-PR.** Revista Brasileira de Geografia Física v.11, n.04,1609-1627, 2018.

SCHEIN, J.; CHAN, P.; CHEN, Y.; DUNHAM, C.; FUCHS, H.; LETSCHERT, V.; MCNEIL, M.; MELODY, M.; PRICE, S.; WILLIAMS, H.S.A. **Methodology for the National Water Savings Models–Indoor Residential and Commercial/Institutional Products, and Outdoor Residential Products.** Water Science and Technology: Water Supply, v. 19, p. 879–90, 2019. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.136>.

SCHMIDT, W. **DTA F2: Produtos economizadores de água nos sistemas prediais.** PNCD - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília. 2004

SHAO, S., MU, H.L., YANG, F.L., ZHANG, Y., LI, J.H. **Application of emergy analysis to the sustainability evaluation of municipal wastewater treatment plants.** Sustainability, 9, 2017.

SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries. Water and Environmental Journal, n. 2, 2009, p. 210-218.

SOARES, A. L. F. **Gerenciamento da demanda de água em ambientes de uso público: o caso da Universidade Federal de Campina Grande.** Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

SOUSA, R.F.; RUFINO, I.A.A.; MEDEIROS, D.L.R.; CORDÃO, M.J.S. **Transposição do rio São Francisco: identificação de conflitos na bacia hidrográfica do Rio Paraíba.** In: Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Foz do Iguaçu, 2019.

SOUZA, T. J. **Potencial de aproveitamento de água de chuva no meio urbano: o caso de Campina Grande – PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2015.

SPITZCOVSKY, Débora. **Na China, torneira limita o uso de água para higiene pessoal, 2016.** Disponível em: < <https://super.abril.com.br/blog/planeta/na-china-torneira-limita-o-uso-de-agua-para-higiene-pessoal/> > Acesso em: 19 de janeiro de 2019.

SRINIVASAN, VEENA, KONAR, MEGAN, SIVAPALAN, MURUGESU. **A dynamic framework for water security.** *Water Security* 1, 12–20, 2017. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468312416300220>.

STAVENHAGEN, M.; BUURMAN, J.; TORTAJADA, C. Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. *Cities*, v. 79, p.187–195, 2018.

STEFFEN, WILL, RICHARDSON, KATHERINE, ROCKSTRÖM, JOHAN, CORNELL, SARAH E., FETZER, INGO, BENNETT, ELENA M., BIGGS, REINETTE, *et al.* **Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet.** *Science* 347 (6223), 2015.

STERN, Nicholas. **The Economics of Climate Change: The Stern Review.** Cambridge University Press, 2007.

TSUTUYIA, M. T. Abastecimento de água. 3 Ed. São Paulo –SP: 643 p., 2006.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados.** USP. Impresso. v. 22, p. 97 - 112, 2008.

UN WATER. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018.** Resumo Executivo, 2018.

VARADY, R. G., SCOTT, C. A., WILDER, M., MOREHOUSE, B., PABLOS, N. P., & GARFIN, G. M. **Transboundary adaptive management to reduce climate-change vulnerability in the western U.S.–Mexico border region.** *Environmental Science & Policy*, 26, 102–112. 2013.

WAGENER, T.; SIVAPALAN, M.; TROCH, P.A.; MCGLYNN, B.L.; HARMAN, C.J.; GUPTA, H.V.; KUMAR, P.; RAO, P.S.C.; BASU, N.B; WILSON, J.S. **The future of hydrology: an evolving science for a changing world,** *Water Resour. Res.* 46 (5), 2010. W05301, [HTTP:// DX.DOI.ORG/10.1029/2009WR008906](http://dx.doi.org/10.1029/2009WR008906).

WHITE, I. **Risk, resilience and spatial planning**. Oxon: Routledge, 2010.

WILSON, Alex. **Niagara's Innovative 0.8 gpf "Vacuum-Assist" Stealth Toilet**. Disponível em: < <https://www.buildinggreen.com/blog/niagaras-innovative-08-gpf-vacuum-assist-stealth-toilet> > Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

WONG, T. H. F. **An Overview of Water Sensitive Urban Design Practices in Australia**. Water Practice & Technology, v. 1, n.1, 2006.

WONG, T. H. F. & BROWN, R. R. **The Water Sensitive City: Principles For Practice**. Water Science And Technology, v. 60, 2009, p. 673-682.

WU, Z.Y.; EL-MAGHRABY, M.; PATHAK, S. **Applications of deep learning for smart water networks**. Procedia Engineering 119, p. 479 – 485, 2015.

9. APÊNDICES

APÊNDICE 1 – População de projeto.

1. a) População de projeto - RESIDENCIAL			
Tipo de edificação	Nº de unidades	Nº de hab. por unidade (IBGE, 2010)	Nº de hab. total
Casa	3012	3,4	12048
Apartamento	1088	3,4	4352

1. b) População de projeto - Edificação tipo ESCOLA (Ensino Fundamental tipo Externato)		
Média de alunos por sala	Número de salas por escola	Total de alunos por escola
26,5	12	318

1. c) População de projeto - Edificação tipo CRECHE (Tipo internato)		
Média de alunos por sala	Número de salas por creche	Total de alunos por creche
22,1	8	176,8

APÊNDICE 2 – Estimativa da demanda de água.

2. a) Estimativa da demanda residencial - CASA			
Consumo per capita (l/hab.dia)	Média de moradores por domicílio	Demanda de água por residência (l/dia)	Demanda para todas as residências (l/dia)
122,21	3,4	415,5	1.251.528,2

2. b) Estimativa da demanda residencial - APARTAMENTO			
Consumo per capita (l/hab.dia)	Média de moradores por domicílio	Demanda de água por residência (l/dia)	Demanda para todas as residências (l/dia)
122,21	3,4	415,514	452.079,2

2. c) Estimativa da demanda - ESCOLA			
Consumo <i>per capita</i> em escolas (l/dia)	Consumo de água por sala de aula (l/dia)	Consumo de água por escola (l/dia)	Consumo de água total (2 escolas) (l/dia)
50	1.325	15.900	31.800

2. d) Estimativa da demanda - CRECHE			
Consumo <i>per capita</i> em Creches - Internato (l/dia)	Consumo de água por sala de aula (l/dia)	Consumo de água por creche (l/dia)	Consumo de água total (3 creches) (l/dia)
150	3.315	26.520	79.560

APÊNDICE 3 – Cálculo do consumo de água convencional por aparelho.

3. a) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário convencional - CASA			
Aparelho sanitário	Representatividade no consumo da residência	Consumo de água por aparelho sanitário convencional por residência (l/dia)	Consumo de água por aparelho sanitário convencional para todas as residências (l/dia)
Bacia sanitária	0,07	29,1	87.607,0
Cozinha (torneira)	0,09	37,4	112.637,5
Lavatório	0,15	62,3	187.729,2
Chuveiro	0,55	228,5	688.340,5
Outros usos (tanque, rega de jardim)	0,14	58,2	175.213,9
Total		415,5	1.251.528,2

3. b) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário convencional - APARTAMENTO			
Aparelho sanitário	Representatividade no consumo da residência	Consumo de água por aparelho sanitário convencional por residência (l/dia)	Consumo de água por aparelho sanitário convencional para todas as residências (l/dia)
Bacia sanitária	0,08	33,2	36.166,3
Cozinha (torneira)	0,1	41,6	45.207,9
Lavatório	0,17	70,6	76.853,5
Chuveiro	0,61	253,5	275.768,3
Outros usos (tanque, rega de jardim)	0,04	16,6	180.83,2
Total		415,5	452.079,2

3. c) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário convencional - ESCOLA			
Aparelho sanitário	Representatividade no consumo da escola	Consumo de água por aparelho sanitário convencional por escola (l/dia)	Consumo de água por aparelho sanitário convencional para todas as escolas (l/dia)
Torneiras de banheiro	0,039	620,1	1240,2
Bacia sanitária	0,197	3132,3	6264,6
Mictório	0,0033	52,47	104,94
Limpeza (torneira)	0,062	985,8	1971,6
Cozinha (torneira)	0,686	10907,4	21814,8
Bebedouro	0,0127	201,93	403,86
Total		15.900	31.800

3. d) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário convencional - CRECHE			
Aparelho sanitário	Representatividade no consumo da escola	Consumo de água por aparelho sanitário convencional por creche (l/dia)	Consumo de água por aparelho sanitário convencional para todas as creches (l/dia)
Torneiras de banheiro	0,039	1.034,28	3.102,84
Bacia sanitária	0,197	5.224,44	15.673,32
Mictório	0,0033	87,516	262,548
Limpeza (torneira)	0,062	1.644,24	4.932,72
Cozinha (torneira)	0,686	18.192,72	54.578,16
Bebedouro	0,0127	336,804	1.010,412
Total		26.520	79.560

APÊNDICE 4 – Cálculo do consumo de água com os mecanismos poupadores.

4.a) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário poupador - CASA			
Equipamento poupador	Representatividade no consumo da residência (l/dia)	Economia do equipamento	Consumo de água por aparelho sanitário por residência (l/dia)
Bacia sanitária com acionamento duplo	29,09	0,75	7,27
Torneira com arejador (cozinha)	37,40	0,5	18,70
Torneira com arejador (banheiro)	62,33	0,5	31,16
Torneira com sensor de presença (banheiro)	62,33	0,4	37,40
Torneira com fechamento automático (banheiro)	62,33	0,55	28,05
Chuveiro com restritor de vazão	228,53	0,55	102,84

4.b) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário poupador - APARTAMENTO			
Equipamento poupador	Representatividade no consumo da residência	Economia do equipamento	Consumo de água por aparelho sanitário por residência (l/dia)
Bacia sanitária com acionamento duplo	33,24	0,75	8,31
Torneira com arejador (cozinha)	41,55	0,5	20,78
Torneira com arejador (banheiro)	70,64	0,5	35,32
Torneira com sensor de presença (banheiro)	70,64	0,4	42,38
Torneira com fechamento automático (banheiro)	70,64	0,55	31,79
Chuveiro com restritor de vazão	253,46	0,55	114,06

4. c) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário poupador - ESCOLA			
Equipamento poupador	Representatividade no consumo da escola	Economia do equipamento	Consumo de água por aparelho sanitário por escola (l/dia)
Bacia sanitária com acionamento duplo	3132,3	0,75	783,1
Torneira com arejador (cozinha)	10.907,4	0,5	5.453,7
Torneira com arejador (banheiro)	620,1	0,5	310,05
Torneira com sensor de presença (banheiro)	620,1	0,4	372,06
Torneira com fechamento automático (banheiro)	620,1	0,55	279,045
Torneira com arejador (limpeza)	985,8	0,5	492,9

4. d) Cálculo do consumo de água por aparelho sanitário poupador - CRECHE			
Equipamento poupador	Representatividade no consumo da escola	Economia do equipamento	Consumo de água por aparelho sanitário por creche (l/dia)
Bacia sanitária com acionamento duplo	5.224,44	0,75	3.918,33
Torneira com arejador (cozinha)	18.192,72	0,5	9.096,36
Torneira com arejador (banheiro)	1034,28	0,5	517,14
Torneira com sensor de presença (banheiro)	1.034,28	0,4	413,712
Torneira com fechamento automático (banheiro)	1.034,28	0,55	568,854
Torneira com arejador (limpeza)	1.644,24	0,5	822,12

APÊNDICE 5 – Estimativa para o complexo industrial.

5.a) Consumos adotados para atividades a serem implantadas no Complexo						
Tipo de Indústria	Consumo de água adotado	Unidade	Nº de unidades industriais	Área destinada à instalação da indústria (A) (m ²)	Taxa de ocupação (TO)	Número de empregados estimado (N=A/TO)
Indústria de alimentos	7,9	m ³ /dia/empregado	22	236.030,64	44,4	5.310,7
Indústria Metal-Mecânica	1,9	m ³ /dia/empregado	80	217.428,98	184	1184
Fábrica de tintas	3,2	m ³ /dia/empregado	3	25.052,82	-	50
Indústria Têxtil	0,5	m ³ /dia/empregado	1	82.899,42	-	150
Indústria de calçados	0,0018	m ³ por unidade produzida	1	87.899,42	-	-

5. b) Estimativa da demanda de água para as indústrias					
Tipo de Indústria	Área destinada à instalação desse tipo de indústria (A) (m ²)	Taxa de ocupação (TO) (m ² /empregado)	Número de empregados estimado (N=A/TO)	Consumo de água adotado (C)	Demanda estimada = (CxN) (m ³ /dia)
Indústria de alimentos	236.030,64	44,4	5.310,7	7,9	41.954,4
Indústria Metal-Mecânica	217.428,98	184	1.184	1,9	2.249,2
Fábrica de tintas	25.052,82	-	50	3,2	160
Indústria Têxtil	82.899,42	-	150	0,5	75
Indústria de calçados	87.899,42	-	-	0,0018	1.006,182
Total		-	-		45.444,8