



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS CAMPINA GRANDE - PB

PROPOSTA DE MECANISMOS DE GESTÃO DE ÁGUA PARA O CONJUNTO  
HABITACIONAL ALUÍZIO CAMPOS EM CAMPINA GRANDE - PB

**Guilherme Almeida Barbosa**

**Orientadores: Carlos de Oliveira Galvão  
Simone Danielle Acirole Morais Marinho**

CAMPINA GRANDE – PB

2019

GUILHERME ALMEIDA BARBOSA

PROPOSTA DE MECANISMOS DE GESTÃO DE ÁGUA PARA O COMPLEXO  
HABITACIONAL ALUÍZIO CAMPOS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado em cumprimento das exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus de Campina Grande.

**Orientadores: Carlos de Oliveira Galvão  
Simone Danielle Acirole Morais Marinho**

CAMPINA GRANDE – PB

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

GUILHERME ALMEIDA BARBOSA

PROPOSTA DE MECANISMOS DE GESTÃO DE ÁGUA PARA O CONJUNTO  
HABITACIONAL ALUÍZIO CAMPOS

---

Carlos de Oliveira Galvão – Orientador

---

Simone Danielle Aciole Morais Marinho – Orientadora

---

Lívia Izabel Bezerra de Miranda – Examinadora interna

---

Adjael Maracajá de Lima – Examinador externo

CAMPINA GRANDE – PB

2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos melhores pais do mundo, Dona *Katia* e Seu *Roberto*, pela minha edificação como ser humano, que não me deixaram faltar carinho e por me proverem amor, mais do que suficiente, para seguir em frente com certeza sempre terei amparo em todas as minhas decisões.

À minha incrível irmã, *Gabriela*, que resume para mim a imagem de uma super-heroína e me ensina cotidianamente como ser forte, persistente e sagaz. Dela me orgulho muito e espero sempre estar ao seu lado.

Aos meus fieis companheiros, com os quais compartilhei alegrias e tristezas, que me suportaram e me ensinaram as mais valiosas lições, que me ajudaram a sobreviver nas mais diversas adversidades, de quem nunca esquecerei: *Rafael, Edu, Vinicius, Morgana, Ana Luíza, Andhre, Fernanda, Gabriel, Luis, Rodrigo, Francisco Diógenes, Sonaly, Fernando* e em especial, *Marcela* que me deu extraordinário suporte.

A todos os amigos que a UFCG e o Laboratório de Hidráulica II me trouxeram, espero sempre ter a oportunidade de encontrá-los cada vez mais radiantes e realizados.

Aos amigos que fiz no período de estágio, *Rossini, Lincoln, Tayná, Marcel, Inaldo, Gilberto e Aricelson* e em especial a *Wathisneit* que muito me ensinou.

Ao meu orientador, *Carlos Galvão*, a quem tenho enorme admiração, que me inspira, principalmente pelo ser humano que é, e que me influencia drasticamente mesmo sem intenção de o fazer.

À minha coorientadora, *Simone*, que admiro e tenho muito carinho, que sempre me compreendeu, me dando suporte técnico e emocional em diversos e muitos momentos, sem ela este trabalho não teria sido concluído.

Aos meus amigos de infância, aos amigos que a injustiça da memória não me deixou citar, aos amigos que serão eternos em minha memória e coração, a minha família e à Deus, obrigado!

## RESUMO

Em cidades de médio porte, o abastecimento de água potável e o esgotamento sanitário, quando realizados por sistemas centralizados, podem se mostrar frágeis às crescentes demandas relacionadas ao uso desses sistemas. O aumento das demandas decorre, dentre outros fatores, da expansão urbana, e empreendimentos do Projeto Minha Casa Minha Vida (PMCMV) representam um contingente populacional novo acrescentado ao sistema de saneamento. As diretrizes das infraestruturas para os conjuntos habitacionais estão estabelecidas no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), entretanto, a falta de exigência do uso de medidas alternativas de gestão de recursos hídricos pode vir a sobrecarregar as estruturas existentes. Um exemplo desse agravamento é o Conjunto Habitacional Aluizio Campos, localizado na periferia da cidade de Campina Grande – PB, sendo uma obra integrada no PMCMV, possuindo um conjunto habitacional com 4100 unidades residenciais. O conjunto possui estrutura mínima de saneamento básico, porém tem deficiência em mecanismos para gestão da demanda de água. Com esta problemática, neste trabalho são analisadas as diretrizes legais e normas relacionadas ao desenvolvimento sustentável e gestão da demanda de água. A análise também se estende aos processos relacionados à gestão dos recursos hídricos, estimando o cenário real de consumo e produção de efluentes e sugerindo dois sistemas que utilizam a captação de água da chuva, um por meio de reservatório centralizado para todo o conjunto habitacional e outro com reservatório individualizado com captação dos telhados das edificações horizontais. Os sistemas sugeridos são analisados aplicando conceitos de Cidades Sensível à Água e de Metabolismo Urbano da Água. Quando relacionada à legislação, a análise mostrou que há medidas de desenvolvimento sustentável, porém não há obrigatoriedade de medidas que se enquadrem como política de gestão de água relacionadas a fontes alternativas de abastecimento. Por meio da análise de metabolismo urbano, o sistema com reservatório centralizado apresentou um potencial de economia de água potável de 35%, podendo chegar a reduzir a produção de efluentes em 69%, além disso, produz uma nova oferta de água de 325.785,88 m<sup>3</sup>. Já aplicando captação de água de chuva individualizada, o potencial de economizar 12% do volume abastecido que, em relação à produção de efluente, representa uma redução de cerca de 7%.

**Palavras-chave:** *Minha Casa Minha Vida, aproveitamento de água de chuva, Gestão de Recursos Hídricos, Metabolismo Urbano de água.*

## ABSTRACT

In medium-sized cities, potable water supply and sanitary sewage, when performed by centralized systems, may prove fragile to the increasing demands related to use of these systems. The increase in demands is due, among other factors, to the urban expansion, and initiatives of the My House My Life Project (MHMLP) represents a new populational contingent added to the sanitation system. The infrastructure guidelines for housing developments are described in the Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), however, lack of demand for alternative water management measures may overload existing structures. An example of this aggravation is the Aluizio Campos Housing Set, located on the edges of Campina Grande city - PB, being a building integrated in the MHMLP, having a housing complex with 4100 residential units. The housing set has a minimum basic sanitation structure, but it has a deficiency in mechanisms for water demand management. knowing this problem, this work analyzes the legal guidelines and norms related to the development and sustainable management of water demand. The analysis also extends to the processes related to the management of water resources, estimating the scenario of consumption and actual effluent production and suggesting two systems that use rainwater harvesting, one through a centralized reservoir for the entire housing complex and another with individualized reservoir with capturing the roofs of horizontal buildings. The suggested systems are analyzed applying concepts of Cities Sensitive to Water and Urban Metabolism of water. When related to legislation, the analysis showed that there are sustainable development measures, but there is no obligation for measures that fit as water management policy related to alternative sources of supply. By means of the urban metabolism analysis, the system with a centralized reservoir had a potential of saving 35% of drinking water, which could reduce effluent production by 69%. In addition, it produces a new water supply of 325,785.88 m<sup>3</sup>. Already applying individualized rainwater harvesting, the potential to save 12% of the volume supplied, which in relation to the production of effluent, represents a reduction of about 7%.

**Key-words:** *My House My Life, rainwater harvesting, Water Resources Management, Urban Water Metabolism.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aplicação de boiler no Complexo Habitacional Aluízio Campos .....	12
Figura 2: Fluxograma do processo de urbanização desarticulado aos recursos hídricos.....	13
Figura 3: Planejamento urbano sensível aos recursos hídricos .....	14
Figura 4: Esquema metabolismo linear. ....	15
Figura 5: Esquema de metabolismo circular .....	16
Figura 6: Hidrograma para uma área urbanizada e uma área não urbanizada.....	16
Figura 7: Exemplo de sistema de captação de água da chuva .....	17
Figura 8: Complexo Multimodal Aluízio Campos .....	19
Figura 9: Exemplificação do processo de metabolismo urbano da água.....	24
Figura 10: Conjunto Habitacional Aluízio Campos .....	31
Figura 11: Metabolismo urbano da água para o cenário real .....	41
Figura 12: Metabolismo urbano da água para o cenário aplicando captação de água de chuva com reservatório centralizado.....	42
Figura 13: Metabolismo urbano da água para o cenário aplicando captação de água de chuva com reservatórios individualizados .....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Série consumo per capita .....	21
Quadro 2: Tamanho médio da família brasileira .....	21
Quadro 3: Quantidade de unidades habitacionais de acordo com a população da cidade sede .....	25
Quadro 4: Parâmetros de qualidade da água para uso não potável.....	28
Quadro 5: Relação de uso do solo do Conjunto Habitacional Aluízio Campos.....	31
Quadro 6: Parcelas da ocupação do solo do Conjunto Habitacional .....	31
Quadro 7: Coeficientes de escoamento relacionado ao uso do solo .....	32
Quadro 8: Uso do solo do Conjunto Habitacional Aluízio Campos.....	33
Quadro 9: Relação de precipitação média de Campina Grande .....	35
Quadro 10: Balanço metabólico da água para o cenário real.....	39
Quadro 11: Balanço metabólico da água para o cenário com reservatório centralizado .....	40
Quadro 12: Balanço metabólico da água para o cenário com reservatórios individualizados .....	40

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
MCMV	Minha Casa, Minha Vida
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
SAS	Sistema de Aquecimento Solar
SiAC da Construção Civil	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
UH	Unidade habitacionais



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1.	“MINHA CASA MINHA VIDA” E SUSTENTABILIDADE.....	11
2.2.	METABOLISMO URBANO E CIDADE SENSÍVEL À ÁGUA.....	12
2.3.	ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	16
3.	METODOLOGIA.....	18
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.2.	ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO.....	19
3.3.	LEVANTAMENTO E ESTIMATIVA DE DADOS.....	20
3.3.1.	Valores populacionais, de consumo de água e de produção de efluentes.....	20
3.3.2.	Estimativa do coeficiente de escoamento superficial.....	22
3.4.	PROPOSIÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	23
3.5.	ANÁLISE DE CENÁRIOS COM O METABOLISMO URBANO.....	24
4.	RESULTADOS.....	25
4.1.	ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO.....	25
4.1.1.	Diretrizes do Minha Casa Minha Vida.....	25
4.1.2.	Medidas Sustentáveis.....	26
4.1.3.	Gestão da demanda de recursos hídricos.....	27
4.2.	ESTIMATIVA DE DADOS.....	29
4.2.1.	Estimativa do Consumo de Água e Produção de Esgoto.....	29
4.2.2.	Estimativa do Coeficiente de Escoamento.....	31
4.3.	SUGESTÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	34
4.3.1.	Com Reservatório Centralizado.....	34
4.3.2.	Com Reservatório Individualizado.....	37
4.4.	ANÁLISE DE CENÁRIOS COM O METABOLISMO URBANO.....	39
5.	CONCLUSÃO.....	43
6.	REFERÊNCIAS.....	45

## 1. INTRODUÇÃO

Campina Grande, segundo a classificação do IBGE, é uma capital regional<sup>1</sup>, e está localizada no semiárido brasileiro, que tem como característica longos períodos de estiagem. O abastecimento de água potável é realizado por um sistema centralizado, com adução do Açude Epitácio Pessoa. Nesta região, a busca por fontes de água é ainda agravada pelo crescimento demográfico que acompanha o processo de urbanização. O crescimento populacional (majoritariamente urbano) é de 0,83% ao ano para a cidade (BRASIL, 2019), este processo inclui diversos tipos de ocupação do solo, dentre os quais é possível destacar iniciativas como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV).

O PMCMV está enfatizado em prestar assistência técnica para habitação de interesse social, tratando-se de uma iniciativa do Governo Federal que oferece condições de financiamento de moradias em áreas urbanas e rurais, sendo o público alvo famílias que possuem renda mensal de até R\$ 1.800,00, que se enquadrem nas diretrizes da Portaria nº 660, de 14.11.2018, que compila as portarias anteriores nº 114, de 09.02.2018, e nº 269, de 24.03.2017, todas do Ministério das Cidades. Além das residências unifamiliares, o programa ainda dispõe de equipamentos públicos destinados à assistência social, segurança, saúde e outros, a critério da Secretaria Nacional de Habitação.

Em Campina Grande está situado o Complexo Habitacional Aluízio Campos, que corresponde a uma obra do Governo Municipal com recursos do Governo Federal e Municipal, enquadrada no PMCMV, e dispõe de equipamentos públicos que atendem uma população que irá ocupar 4.100 unidades habitacionais. A magnitude da obra interfere na estrutura organizacional da cidade de Campina Grande, visto que transferirá um grande contingente populacional para a zona em que está localizada, na periferia da cidade, nos limites com o município vizinho, Queimadas.

O empreendimento em sua concepção busca atender a princípios da dignidade humana em relação ao direito fundamental de moradia, garantido pelo artigo 6º da Constituição Federal, entretanto diversos mecanismos de políticas para o desenvolvimento sustentável vêm sendo deixados de lado, de modo que a maior parte do orçamento está destinada à construção das unidades habitacionais. Essa questão foi evidenciada por Balbino (2012) que relata sobre a

---

<sup>1</sup> Cidades que possuem área de influência de âmbito regional; destino para um conjunto de atividades, por grande número de municípios - Classificação de Região de Influência das Cidades (REGIC, 2008).

existência de uma colisão entre direitos fundamentais, relacionados à capacidade do homem de definir o desenvolvimento social sadio levando em consideração o suporte das questões ambientais.

Com base nesse pensamento, pode-se levantar a hipótese de que o empreendimento em questão irá gerar impactos à infraestrutura existente, visto que a população a ser deslocada exige novas demandas, principalmente as relacionadas às estruturas básicas de desenvolvimento humano. Destacam-se aqui o abastecimento de água e coleta de esgoto que, para o caso estudado, as estruturas que foram adotadas tratam-se de sistemas ortodoxos que irão se apropriar dos sistemas já existentes na cidade de Campina Grande, o que fortalece o pensamento apresentado por Balbino (2012) demonstrando a falta de preocupação com o desenvolvimento sustentável.

Para os instrumentos de gestão de demanda de água relacionados às estruturas de abastecimento e saneamento urbano, há uma cultura administrativa caracterizada por políticas corretivas e não preventivas relacionadas à escassez de água. A região do semiárido é representativa desse aspecto, apresentando medidas paliativas como a redução do atendimento às demandas (acionamento), que comumente é aplicado na cidade de Campina Grande, a exemplo dos períodos de 13 de outubro de 1998 até 15 de março de 1999, um segundo episódio entre setembro de 1999 e abril de 2000 e um terceiro entre setembro de 2001 e março de 2002 (RÊGO *et al*, 2012), além do último episódio que durou de dezembro de 2014 a agosto de 2017, somente sendo encerrado após a chegada das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco ao açude de Boqueirão.

O contexto reflete a necessidade de sugerir mecanismos inovadores, que fujam da ótica ortodoxa a respeito dos recursos hídricos. No contexto de uma cidade, para que seja garantido este recurso, é oportuno aplicar o conceito de *cidade sensível à água*, que se define como a gestão dos recursos hídricos de forma a importar menos água potável e exportar menos água residuária (WONG & BROWN, 2009). Para análise da sensibilidade do Complexo Habitacional Aluizio Campos em relação aos recursos hídricos aplicou-se uma ferramenta de apoio para planejamento urbano que é o *Metabolismo Urbano da Água*. Este considera as cidades como organismos que possuem processos metabólicos em relação aos recursos que consomem e à destinação dos produtos e sobras desses processos (WOLMAN, 1965).

Após uma análise criteriosa, podem ser sugeridas melhorias nas estruturas existentes por meio de simulações da aplicação de novos instrumentos de abastecimento, coleta pluvial, tratamento de esgoto e reaproveitamento de água residuária para fins não potáveis, fazendo comparativos entre as alternativas de estruturas a serem empregadas a fim de sugerir um cenário realista para futuras construções enquadradas no PAC, PMCMV.

Este trabalho tem como objetivo geral sugerir um conjunto de estruturas hidráulicas em substituição ao sistema convencional existente no Complexo Habitacional Aluizio Campos, aplicando o conceito de Cidade Sensível à Água. São objetivos específicos:

- Propor sistemas de gestão de demanda de água em substituição às estruturas existentes;
- Analisar criticamente o cenário mais realista da aplicação dos sistemas sugeridos a partir da metodologia de metabolismo urbano;
- Sugerir alterações relacionadas aos mecanismos de sustentabilidades presentes no PAC, MCMV.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. “MINHA CASA MINHA VIDA” E SUSTENTABILIDADE

O Programa Minha Casa Minha Vida faz parte do Programa de Aceleração de Crescimento, PAC, e teve início em 2009, continuando em atuação durante o PAC 2, finalizado em 2018. O MCMV tem objetivo de ampliar o acesso à moradia para a população de baixa renda por meio de mecanismos que incentivam a produção e aquisição de imóveis para as famílias que atenderem às exigências das faixas de renda específicas que variaram ao decorrer do programa. Até junho de 2018, 5,31 milhões de unidades habitacionais (UH) foram construídas. Dessas, 3,95 milhões foram entregues (PAC, 7º Balanço: 2015 – 2018; apresentação).

O programa de infraestrutura urbana habitacional está equipado de diretrizes e exigências dispostas em portarias apresentadas pelo Ministério das Cidades, além de referenciar normas e sistemas de avaliação para participação de empresas nos processos que envolvem a implementação dos empreendimentos de habitação popular. Os conjuntos habitacionais do PMCMV são uma junção de infraestruturas construtivas que integram um modelo de habitação promovido pelo poder público, que tem como prioridade reduzir o déficit habitacional e garantir o direito à moradia (D’AMICO, 2011).

A busca por soluções das problemáticas de ocupação do espaço em função do direito básico à moradia pode gerar conflitos de interesse transformando as políticas habitacionais em uma produção em massa de residências que passam a ser produtos subsidiados pelo Estado. Desta forma, podem-se entender os conjuntos habitacionais como mercadoria na produção de um espaço público sendo válida a lógica onde o poder do Estado é o lugar institucional para o planejamento urbano e a ideia de fornecer a dignidade por meio da moradia apressadamente e pelo menor custo entra na *modus operandi* da burocracia estatal (ALMEIDA *et al.*, 2017). O *modus operandi* da burocracia estatal está relacionado à questão da legitimidade desse tipo de empreendimento e seus benefícios reais. Neste contexto é possível questionar: quais critérios devem ser considerados como mais relevantes na tomada de decisões quando o objetivo é a entrega em massa de algum produto? As soluções que seguem um padrão e são massificadas atingem determinadas metas, mas com quais impactos, desejáveis ou não? (KRAUSE *et al.*, 2013).

Em função de reduzir impactos negativos relacionados à ocupação do solo de maneira irresponsável, podem ser apresentadas medidas sustentáveis. Nesse contexto, a fim de diminuir os impactos do processo de urbanização, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) apresenta diretrizes que permitem a utilização de mecanismos sustentáveis, sendo possível destacar medidas como a utilização de painéis solares para geração de energia, sistemas de aquecimento de água do chuveiro utilizando *boiler* e placa de aquecimento solar, sistema de biodigestor para produção de adubo orgânico e gás combustível para geração de energia. O biodigestor é previsto como uma adaptação para empreendimentos em comunidades rurais, sendo a utilização do *boiler* acoplado à placa para aquecimento solar de água a única recomendação em nível urbano e nacional do Programa de Aceleração do Crescimento (BRASIL, 2017).

O PAC não apresenta, além do Sistema de Aquecimento Solar (SAS), alternativas construtivas sustentáveis. As estruturas mínimas de saneamento e distribuição de água estão de acordo com o programa, mas houve pouca iniciativa relacionada à gestão da demanda de água. No entanto, a utilização de descargas de seis litros e a medição individual de consumo de água se faz presente nos critérios apresentados pelo Programa. A medição individualizada é uma medida eficiente para redução de consumo, principalmente em edifícios residenciais (HOLANDA, 2007). A Figura 1 apresenta o SAS que é composto por uma placa de aquecimento de água com *boiler* para armazenamento utilizado no conjunto habitacional Aluízio Campos.

Figura 1: Instalação de boiler no Complexo Habitacional Aluízio Campos.



Fonte: O autor

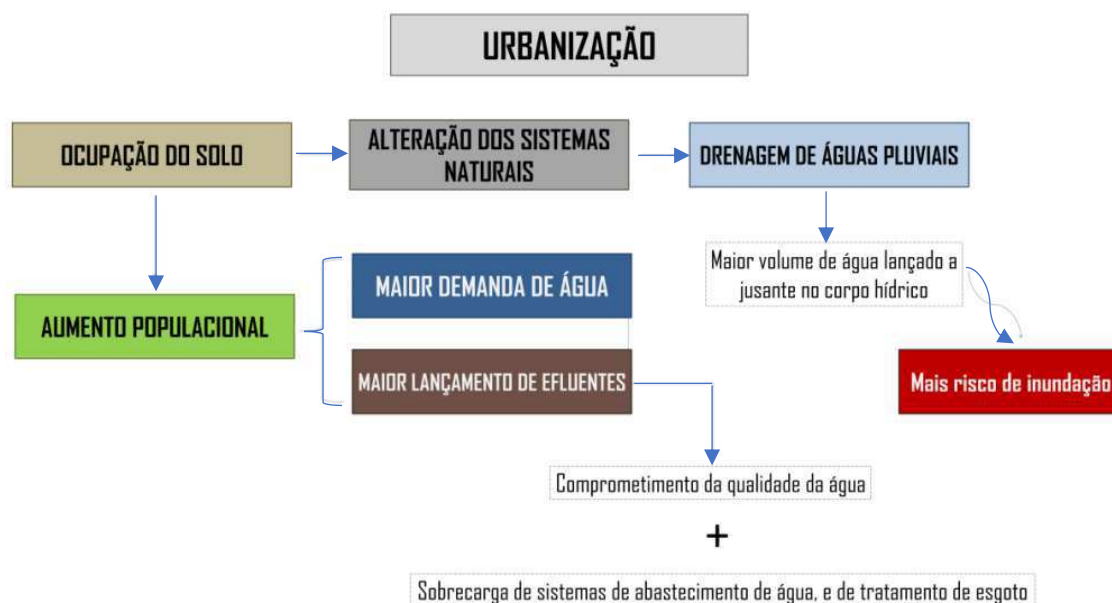
## 2.2. METABOLISMO URBANO E CIDADE SENSÍVEL À ÁGUA

O planejamento urbano estuda as problemáticas e possibilidades que envolvem os processos de ocupação do solo no espaço urbano e pode ser definido como o conjunto de

medidas adotadas para que se atinjam objetivos desejados, levando em consideração os recursos disponíveis e fatores externos que têm influência sobre esse processo (DUARTE, 2009). Os estudos urbanos devem estar atrelados à sustentabilidade, que significa a possibilidade de se obterem, de forma contínua, condições iguais ou melhores de vida para um grupo de pessoas e as gerações sucessoras em dado ecossistema (CAVALCANTI, 2015). Relacionado ao conceito de sustentabilidade está o de desenvolvimento sustentável, que visa o crescimento e expansão econômica em paralelo ao respeito das atividades que buscam melhorar a qualidade de vida para a dinâmica urbana, consolidando uma referência para o processo de planejamento urbano (BARBOSA, 2008).

O crescimento urbano, de modo geral, ocorre sem articulação com as demandas ambientais, o que gera transformações no uso e ocupação do solo e na demanda por recursos naturais produzidos nas áreas externas aos limites urbanos e na geração de resíduos das atividades humanas (MARINHO, 2018). Dentre os problemas decorrentes da urbanização, é possível destacar a criação de novas demandas de abastecimento de água, a produção maior de efluentes e a impermeabilização do solo. A Figura 2 apresenta um processo tradicional de urbanização relacionando-a aos recursos hídricos.

Figura 2: Processo de urbanização desarticulado aos recursos hídricos.



Fonte: Marinho (2018).

Considerando os diferentes cenários relacionados ao planejamento urbano, em especial o gerenciamento dos recursos hídricos e os serviços de saneamento, as soluções elaboradas devem ser pautadas sob o olhar de uma gestão integrada e adaptativa, levando em consideração

a administração da oferta de água por fontes convencionais e alternativas (como o reaproveitamento de água residuária e o armazenamento de águas pluviais), a gestão da demanda de água (como medidas educacionais para o uso racional da água) e questões relacionadas ao planejamento da ocupação do solo (MARINHO, 2018).

A integração adaptativa da gestão urbana relativa à água pode se relacionar ao conceito de Cidade Sensível à Água, sendo esta a que busca, por meio de suas políticas integradas ao seu planejamento, minimizar a importação de água das fontes de abastecimento e diminuir a exportação de águas residuárias para áreas externas aos limites urbanos. Importante ressaltar que o conceito de Cidade Sensível à Água também se relaciona com a diversificação das fontes hídricas no âmbito urbano, reduzindo a dependência centralizada de abastecimento de água, fazendo o máximo usufruto das fontes que estão retidas dentro dos limites urbanos (BROWN *et al.*, 2009).

Wong (2006) elencou princípios fundamentais do planejamento urbano com sensibilidade aos recursos hídricos, dispostos na Figura 3. É importante que estes princípios sejam promovidos, pois há certo grau de complexidade nos sistemas urbanos, o que reafirma a necessidade de uma articulação das partes que integram a gestão dos recursos hídricos (RENOULF & KENWAY, 2016).

Figura 3: Planejamento urbano sensível aos recursos hídricos.



Fonte: Marinho (2018), adaptado de Wong (2006)

Para uma análise de critérios sustentáveis de uma cidade, inclusive os relacionados à sensibilidade à água, pode-se fazer uso de ferramentas como o Metabolismo Urbano da Água



que, por sua vez, considera aspectos de um organismo vivo análogo ao funcionamento de centros urbanos. Para tal, os recursos utilizados, os processos produtivos e a geração de resíduos são uma representação dos ecossistemas das cidades, compostos por movimentos interativos de circulação, troca e transformação de recursos em trânsito (ÁLVAREZ, 2014). Para o Metabolismo Urbano da Água, a metáfora com os processos biológicos também está atrelada à “resiliência”, procurando descrever a capacidade de adaptação dos “ecossistemas urbanos” para superarem a sua condição de vulnerabilidade diante de condições externas (PASTORELLI JUNIOR, 2018).

A ferramenta do metabolismo urbano passou a ser objeto de estudo de diversas pesquisas, sendo capaz de dar suporte aos tomadores de decisão no que se refere à capacidade de identificar problemas relacionados aos recursos naturais e contribuindo para capacidade de resiliência das cidades. As primeiras abordagens datam de 1883 por Karl Marx, que usou o conceito para exprimir as trocas de energia e matéria entre a natureza e sociedade. Wolman (1965) desenvolveu o conceito em função de exprimir a desordem do crescimento populacional e urbano, gerando conseqüente aumento da demanda de recursos e produzindo mais resíduos. Esta abordagem apresentava um entendimento do metabolismo urbano como um processo linear, possuindo apenas um eixo sequencial: extração de recursos essenciais para atividade humana e geração de resíduos oriundos dessa.

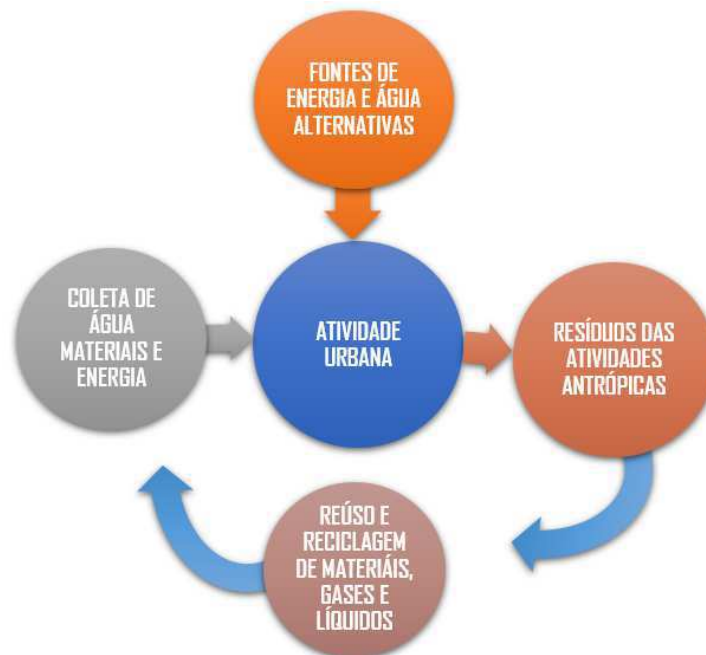
No final do século XX, Girarted (1990) apresentou a concepção de que as cidades também podem ser vistas como armazéns de recursos e também de recursos e produtos secundários (gerados a partir da atividade humana). Essa concepção apresenta uma maior adequação para análise dos sistemas, pois leva em consideração um maior número de processos entre o meio urbano e o ambiente, o que proporciona a elaboração de soluções que melhor utilizam os recursos naturais, por meio da busca por fontes alternativas de recursos primários e a reciclagem dos resíduos gerados. A perspectiva de Girarted foi denominada metabolismo circular (AGUDELO-VERA *et al.*, 2012). Nas Figuras 4 e 5 estão esquematizados o metabolismo linear e circular, respectivamente.

Figura 4: Esquema metabolismo linear.



Fonte: Adaptado de Wolman (1965)

Figura 5: Esquema de metabolismo circular.

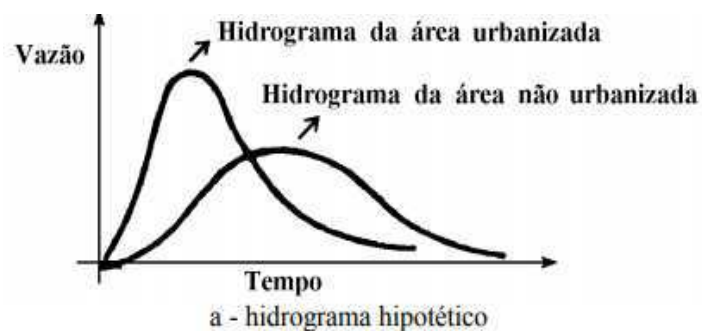


Fonte: Adaptado de Marinho (2018).

### 2.3. ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A interferência da urbanização no balanço hídrico é evidente em diversos processos. Um deles se reflete na aceleração da impermeabilização do solo e nas alterações relacionadas à sobrecarga da rede de drenagem devido à retirada da vegetação da bacia hidrográfica (CANHOLI, 2015). Na Figura 6 é apresentado um comparativo na forma de hidrograma genérico de uma área urbanizada e de uma área não urbanizada.

Figura 6: Hidrograma para uma área urbanizada e uma área não urbanizada.



Fonte: Tucci (2000)

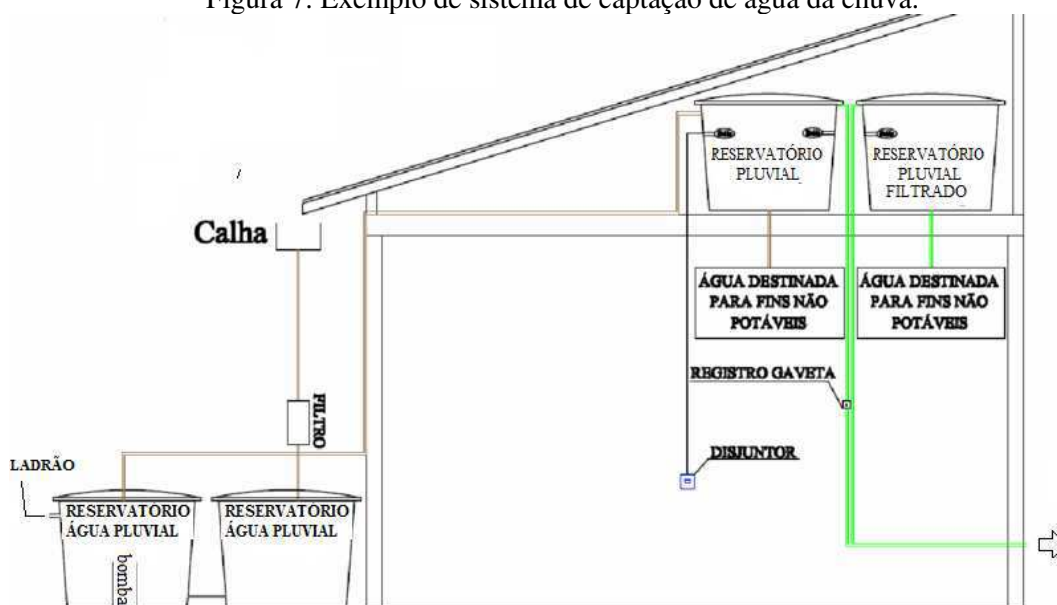
Na Figura 6 é possível perceber um pico de vazão mais acentuado numa área urbanizada, o que indica um escoamento superficial maior, consequência direta da impermeabilização do

solo. A situação indica um aumento de enchentes ou uma retificação da bacia hidrográfica (TUCCI, 2000). Para diminuir o pico de cheia nos corpos hídricos relacionado ao processo de impermeabilização do solo pela urbanização, podem-se adotar medidas que minimizem a contribuição de vazão em pequenos intervalos de tempo, a exemplo da coleta e armazenamento da água da chuva a partir de elementos de drenagem (FENDRICH, 2002).

O uso da água de chuva é um conceito que se aplica totalmente à necessidade de sensibilidade à água de uma cidade, visto que atua na gestão da demanda de água, diminuindo a dependência por água dos sistemas de abastecimento convencionais. Esta aplicação incentiva um uso mais racional da água destinando-a para fins não potáveis como jardinagem, descargas, limpeza de pisos e automóveis, entre outros. É possível economizar até 15% do serviço de abastecimento público de água com o reaproveitamento da chuva para uso residencial e comercial (TOMAZ, 2005).

O sistema de captação de água de chuva aplicado ao uso doméstico se trata de uma aplicação simples, onde é levada em consideração a cobertura da residência como área de captação de água, sendo seu escoamento feito por meio de calhas, que destinam o fluxo a um reservatório dimensionado para esta finalidade (Figura 7). O dimensionamento das tubulações, calhas e reservatório deve atender ao disposto na NBR 5626/98 (Instalação predial de água fria), na NBR 10844/89 (Instalações prediais de águas pluviais) e na NBR 12217/04 (Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público) (ABNT, 2007).

Figura 7: Exemplo de sistema de captação de água da chuva.



Fonte: Pereira (2008)

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Multimodal Aluízio Campos é uma obra de iniciativa do Governo Municipal da cidade de Campina Grande, Paraíba. Esse empreendimento faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento e sua área engloba diversos tipos de atividades, sendo previstas parcelas para construção de setores industriais, área verde, condomínios habitacionais, parcelas de uso misto e uma Tecnópolis, sendo esta última correspondente a uma área destinada ao desenvolvimento técnico industrial. Dentro da setorização da área destinada a condomínios habitacionais está localizado o Conjunto Habitacional Aluízio Campos, que se trata de um complexo de habitação social, com 4.100 unidades habitacionais, sendo 3.012 casas e 1.088 apartamentos com estrutura mínima de saneamento. O empreendimento também possui três creches, duas escolas, dois postos de saúde, duas praças com academia popular, uma sede do CRAS (Centro de Referência da Assistência Social), além de parcelas não ocupadas cuja projeção é majoritariamente comercial. A população será contemplada com as residências por meio de sorteios e posterior pagamento de parcelas de valores acessíveis referentes ao imóvel.

O Conjunto Habitacional Aluízio Campos faz parte de uma conjuntura de mecanismos enquadrados no Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC2), de 2011 a 2014, preconizando elementos que visam melhorar a qualidade de vida da população que atende os requisitos para contemplação do MCMV. Para isso, diversos instrumentos foram projetados, como postos de saúde e praças com academia popular. Além desses, as 3.012 casas possuem *boiler* acoplado à placa solar com função de aquecer água para banho (Ministério das Cidades, 2017).

O Complexo Multimodal possui 800 ha, correspondendo a cerca de 8,88% da área urbana de Campina Grande e está situado no bairro do Ligeiro, nos limites municipais com a cidade de Queimadas. A Figura 8 apresenta o Complexo Multimodal Aluízio Campos e, em destaque à direita, o seu Conjunto Habitacional com 1.176.215 m<sup>2</sup>, representando 15% da área do Complexo.

Figura 8: Complexo Multimodal Aluizio Campos.



Fonte: SEPLAN Campina Grande (2017).

### 3.2. ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO

A análise da legislação vigente para o desenvolvimento de medidas sustentáveis em relação à gestão de demanda de água em conjuntos habitacionais tem objetivo de apontar incentivos legais, identificar falhas e incongruências na legislação e adquirir capacidade técnica para sugestão de alterações pertinentes para uma maior eficiência das ferramentas que legislam todos os aspectos envolvidos.

Para atender a avaliação na dimensão de um conjunto habitacional, sendo um empreendimento público, enquadrado em programas de políticas de desenvolvimento de infraestrutura, deve-se inicialmente conhecer quais são esses programas e quais diretrizes, normas e leis regem sua aplicação. Conhecendo as ferramentas de planejamento, deve-se então analisar o escopo técnico, as normas que regem a aplicação das estruturas descritas nos programas relacionados, de maneira a identificar as dificuldades encontradas na aplicação de tecnologias de gestão de água.

Na escala de um Complexo Multimodal como o Aluizio Campos, as diretrizes de planejamento e regência de sua aplicação estão englobadas nos tópicos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), pois o empreendimento dispõe de infraestrutura social e urbana, logística e energética; das que envolvem os assuntos abordados nesse trabalho, é possível destacar:

- Minha Casa Minha Vida;
- Saneamento;
- Recursos Hídricos.

A avaliação da legislação compreende, portanto, a revisão da definição dos programas que envolvem o empreendimento, das subpastas que compõem esses programas e das diretrizes que estão dispostas em portarias apresentadas pelo Ministério das Cidades. Em relação a estruturas de recursos hídricos sugeridas nesse trabalho, a legislação vigente envolve conformidade com a Lei das Águas (9.433/97) e com normas técnicas de concepção dos sistemas e qualidade de água para reuso, sendo as normas avaliadas: ABNT - NBR 15.527/07 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis; ABNT - NBR 13969/97 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

### 3.3. LEVANTAMENTO E ESTIMATIVA DE DADOS

O levantamento de dados foi feito por meio de consultas à literatura relacionada, consulta em banco de dados relacionados às séries históricas de precipitação, consumo de água e dados censitários, além de informações cedidas pela empresa responsável pelo empreendimento.

#### 3.3.1. *Valores populacionais, de consumo de água e de produção de efluentes*

Consumo *per capita* de água servirá para todos os procedimentos normatizados, sendo este valor estabelecido em função dos regimes de utilização de Campina Grande, visto que os sistemas de abastecimento e esgotamento para a área de estudo ainda não entraram em funcionamento. A determinação do potencial de produção de efluentes e consumo de água de um sistema é feita a partir de sua relação com o número de usuários e seu consumo individual. Desta forma tem-se à disposição os valores de consumo *per capita* de 110 L/hab/dia - dado pela Organização Nações Unidas (ONU) - como sendo o valor necessário para garantir o conforto em relação às atividades domésticas e garantir o consumo consciente (MACHADO, 2013). Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas define o valor 150 L/hab/dia admitido para o dimensionamento das tubulações de água fria e para o reservatório de uma residência, segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998).

Numa consulta realizada ao Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), foi possível ter acesso à seguinte série de dados de consumo de água para Campina Grande, apresentada no Quadro 1:

Quadro 1: Série consumo per capita.

ANO	Consumo de água L/hab/dia
2016	97,09
2015	104,67
2014	143,29
2013	151,27
2012	152,9
2011	120
2010	115,9

Fonte: SNIS

Segundo o IBGE, no ano de 2008, a família brasileira possuía em média a quantidade de integrantes apresentada no Quadro 2.

Quadro 2: Tamanho médio da família brasileira.

Tamanho médio da família	
média total	3,3
média urbana	3,24
média rural	3,6

Fonte: adaptado de IBGE (2008)

Uma estimativa feita pelo IBGE em 2011 aponta o número de 3,44 pessoas por família no estado da Paraíba. Após a consideração do valor a ser adotado como representativo para a família média, a estimativa para o número de habitantes no Conjunto Habitacional pode ser dado pela Equação 1, onde  $P$  é a população estimada,  $N$  é o número de unidades habitacionais e  $F_{med}$  é o número de componentes em uma família (família média).

$$P = N * F_{med} \quad (1)$$

Para o cálculo do consumo médio anual  $K$  da população do conjunto habitacional, utiliza-se a estimativa da Equação 1 e faz-se a relação direta com o consumo médio, conforme a Equação 2.

$$K = 120L/hab/dia * P * 365 dias \quad (2)$$

O consumo de água para uma parcela urbana pode ser categorizado em usos potáveis e não potáveis dá água. Os usos não potáveis, os mais apropriados para água de chuva,

representam cerca de 35% que englobam usos, externos, cerca de 30%, relacionados à irrigação de jardins, lavagem de pisos e automóveis, mais a caixa acoplada da bacia sanitária representa 5%, sendo o único uso interno não potável (BARRETO, 2008). Dessa forma pode-se estimar o consumo per-capta como sendo 35% da parcela do resultado obtido pela Equação 2.

Em relação à produção de efluentes, segundo a NBR 7229/93 – ABNT, para casas populares são produzidos 150 L/hab/dia de esgoto, entretanto esse valor é representativo somente para dimensionamento de um sistema. No sentido de avaliar o potencial de aproveitamento do efluente deve-se levar em consideração a produção de esgoto médio da região. O Instituto Nacional do Semiárido (INSA), em 2014, apresentou a estimativa de 102,2 L/hab/dia no Semiárido. O volume anual do efluente de esgoto  $E$  pode ser estimado pela Equação 3.

$$E = 102,2l/hab/dia * P * 365 dias \quad (3)$$

### 3.3.2. Estimativa do coeficiente de escoamento superficial

Para avaliação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva que serão sugeridos nesse trabalho é importante identificar a quantidade de água de chuva que de fato esco superficialmente para que possa ser captada. O coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente *runoff*, ou coeficiente de deflúvio é o valor definido pela razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado (VILLELA & MATTOS, 1975).

Levando em consideração a área de estudo em questão pode-se definir o coeficiente de escoamento de acordo com as características da superfície da área de contribuição. Dessa forma, foram analisados dados empíricos da literatura relacionada, como é o caso de Wilken (1978), que relacionou o coeficiente ao adensamento das construções numa bacia urbana. Já Villela e Mattos (1980) foram mais específicos ao relacionar o coeficiente a características de ocupação do solo.

Numa grande dimensão urbana o coeficiente de escoamento ( $C$ ) pode ser estabelecido como média ponderada de seu valor ( $C_i$ ) associado a cada parcela de área ( $A_i$ ) que ele representa, em relação à área total (Equação 4):

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{A_i * C_i}{\sum A_i} \quad (4)$$



### 3.4. PROPOSIÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Neste trabalho são propostos dois sistemas de captação de água de chuva, o primeiro com reservatório centralizado, aproveitando o sistema de drenagem urbana do conjunto habitacional, e o segundo com reservatório individualizado, usando um sistema doméstico de captação de precipitação com calhas anexadas aos telhados das residências.

Para estimativa do potencial de reservar água para os dois sistemas supracitados foi seguido o modelo do Método Racional, que leva em consideração valores como a chuva média ( $I$ ), a área de contribuição adotada ( $A$ ) e coeficiente de escoamento ( $C$ ) relacionado às características da superfície de contribuição (PINTO et al, 1976). A Equação 5 resume o Método Racional.

$$Q = C * I * A \quad (5)$$

Onde:

$Q$  = vazão produzida durante o período precipitação adotado;

$I$  = intensidade de precipitação média;

$A$  = área de captação;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial.

O valor de precipitação média adotado para a cidade de Campina Grande é de 720 mm/ano (ARAGÃO, et al., 2000), a área de captação para o sistema com reservatório centralizado é relacionada a todo o polígono que representa o Conjunto Habitacional, e para o reservatório individualizado é considerada a contribuição da projeção do telhado. A estimativa do coeficiente de escoamento está descrita no item 3.3.2. deste trabalho. O dimensionamento dos reservatórios de cada sistema é realizado de acordo como descrito pela NBR 15527/07, tendo o intuito de ser apresentado como critério comparativo entre os sistemas.

A análise entre os dimensionamentos obtidos pelos métodos descritos pela norma foi feita a partir da comparação com o potencial de armazenamento dos sistemas e o consumo para fins não potáveis resultado das estimativas propostas no Item 3.3. deste trabalho. Dessa forma tem-se que o tempo de abastecimento suportado para qualquer reservatório dimensionado é dado como resultado da razão entre o volume de um reservatório sobre a taxa de consumo (ou a vazão) para usos não potáveis em um ano (Equação 6):

$$T_{temp} = V / 0,35K \quad (6)$$

Onde:

$T_{temp}$  = tempo sem chuvas que o reservatório suporta até esvaziar (dias);

$V$  = volume do reservatório dimensionado ( $m^3$ );

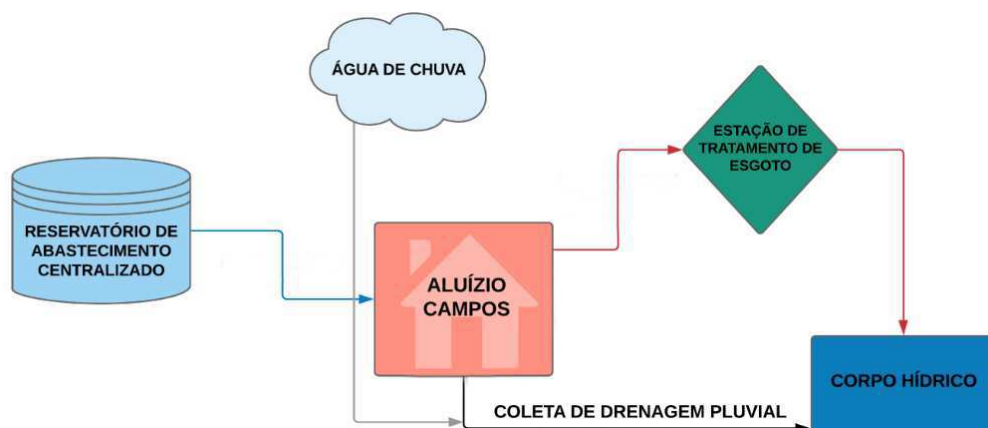
$K$  = consumo per-capta ( $m^3/dia$ ).

### 3.5. ANÁLISE DE CENÁRIOS COM O METABOLISMO URBANO

Após o dimensionamento, os sistemas passaram por uma análise que envolve como principal critério o potencial poupador e a produção de novas ofertas a partir dos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Posteriormente, foi feito o confronto de cada sistema com o cenário real a partir da análise do metabolismo urbano da água.

O estudo do metabolismo urbano concentra-se no consumo e fornecimento de vários recursos, na direção e na conexão de seu fluxo dentro do sistema urbano, bem como na emissão, tratamento e reciclagem de resíduos gerados pelas atividades urbanas (ZHANG, 2013). A análise do metabolismo urbano envolve critérios de avaliação quantitativa de fluxo de materiais e energia nos diversos processos humanos, se apresentando como uma ferramenta guia para a quantificação de fluxos em ambientes urbanos, permitindo uma avaliação mais abrangente e integrada dos padrões e processos dos sistemas urbanos de água. O diagrama da Figura 9 expressa a análise do metabolismo urbano da água para parcela urbana analisada. Este trabalho se concentra numa aplicação desse conceito de forma ampla como sugerido por Conke & Ferreira (2015), de maneira que foram levadas em consideração apenas as alterações no planejamento urbano e os impactos que envolvem sua relação com os Recursos Hídricos.

Figura 9: Exemplificação do processo de metabolismo urbano da água.



Fonte: O autor.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO

#### 4.1.1. Diretrizes do Minha Casa Minha Vida

Para garantir a execução adequada de empreendimentos enquadrados no MCMV, o programa dispõe de diretrizes, nas quais estão enquadrados os critérios para sua implementação. Um dos documentos que dispõem dessas informações é a Portaria nº 660, cuja versão mais recente data de 14 de novembro de 2018, na qual é possível observar que o conjunto habitacional pertencente ao Complexo Multimodal Aluizio Campos possui dimensão maior do que a disposta no tópico 3.5 das Diretrizes Gerais do programa, como pode ser visto no Quadro 3. Campina Grande se enquadra na faixa de 100.001 a 500.000 habitantes, o que permite até 1.200 unidades habitacionais, contrastando com as 4.100 unidades implementadas.

Quadro 3: Quantidade de unidades habitacionais de acordo com a população da cidade sede.

POPULAÇÃO	QUANTIDADE DE UNIDADES EMPREENDIMENTO ISOLADO	QUANTIDADE DE UNIDADES AGRUPAMENTO
até 20.000 habitantes	50	200
de 20.001 a 50.000 habitantes	100	400
de 50.001 a 100.000 habitantes	200	800
de 100.001 a 500.000 habitantes	300	1.200
acima de 500.000 habitantes	500	2.000

Fonte: Ministério das Cidades (2018).

O tópico 3.1.4 da portaria dispõe de itens relacionados à Infraestrutura e Sustentabilidade, entretanto a exigência quanto à utilização de mecanismos sustentáveis e aplicação de punição sob a circunstância da ausência destes não estão claras. Os itens d), e) e f) especificam:

*“d) O projeto do empreendimento deverá prever estratégias para a redução do consumo de energia e propiciar, quando possível, a utilização de fontes renováveis de energia (solar, eólica, fotovoltaica, etc.)*

*e) O projeto do empreendimento deve favorecer a gestão das águas (potáveis e pluviais) contribuindo para mitigar problemas de escassez e para a utilização mais sustentável desse insumo*

*f) O projeto do empreendimento deverá favorecer a gestão dos esgotos produzidos e resguardar as unidades habitacionais de possíveis impactos resultantes da implantação de sistemas locais de tratamento.*”

O item “d” afirma que o projeto do empreendimento deve prever estratégias de redução de energia, mas não exige a utilização de fontes renováveis. O item “e” fala de forma vaga sobre a gestão das águas sem dispor da adequação de mecanismo e a prioridade dessa abordagem em regiões de escassez hídrica. O item “f” pode ter impacto negativo sobre a elaboração do projeto de gestão de esgoto, pois afirma que devem-se resguardar as unidades habitacionais de impactos decorrentes da implementação de tratamento local, podendo levantar a interpretação de que é prioritário o uso da infraestrutura centralizada já existente, favorecendo o uso de mecanismos obsoletos, sobrecarregando o sistema de tratamento com uma nova demanda e dificultando o reúso da água de esgoto.

O Anexo I da Portaria nº 660 especifica as infraestruturas, mecanismos e tecnologias aplicadas ao MCMV. Nesta seção pode-se observar a exigência de mecanismos poupadores de água como descarga de duplo acionamento, torneiras com arejador incorporado e mecanismo de restrição de vazão. No mesmo anexo, na seção sobre Infraestrutura e Sustentabilidade, está disposta a exigência de medição individualizada e Sistema de Aquecimento Solar (SAS) de água. Para o segundo, as exigências estão dispostas na Portaria nº 643. Por fim, o anexo também dispõe sobre o sistema de tratamento de esgoto, mas não de maneira específica, exigindo apenas que a rede de coleta seja interligada à estação de tratamento de esgoto. Quanto à apresentação de qualquer outra solução de esgotamento sanitário, a elaboração deve ser aprovada pela concessionária ou pelo município com a limitante de 500 unidades habitacionais; essa limitação tem intuito de que soluções sanitárias como fossas ou sumidouros não sejam aplicadas em grande escala, representando um risco ambiental às águas subterrâneas.

#### *4.1.2. Medidas Sustentáveis*

Quanto à exigência de mecanismos sustentáveis, as diretrizes do MCMV se mostraram brandas. O complexo multimodal Alúzio Campos teve obras iniciadas em 2014, quando as exigências das portarias supracitadas já estavam em vigor e a avaliação de sustentabilidade deveria atender às diretrizes do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Entretanto, o primeiro documento vigente que estabelece o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC), não utiliza o

termo “sustentabilidade” em nenhum momento, o termo passou a fazer parte das diretrizes vigentes somente no ano de 2018.

A atualização do regimento SiAC contempla em suas diretrizes o alinhamento com o desenvolvimento sustentável, mas se limita ao controle de qualidade no processo produtivo, se referindo apenas a medidas adotadas no canteiro de obras, não especificando nenhum controle sobre o produto final. Mais recentemente um projeto de lei do Senado, o PLS 253 de 2016, ainda em tramitação, tem viés de desenvolvimento sustentável, mas busca estabelecer a obrigatoriedade somente de instalação de equipamentos de energia elétrica renovável em empreendimentos públicos de habitação familiar e órgãos públicos. Dessa forma, os únicos alinhamentos com tecnologias de gestão sustentável obrigatórios especificados pelo Programa Minha Casa Minha Vida são os já citados equipamentos presentes nos anexos da Portaria nº 660.

#### *4.1.3. Gestão da demanda de recursos hídricos*

Relativo à gestão de recursos hídricos, o PAC apresenta como estratégia para garantir a segurança hídrica o aumento da oferta de água a partir da ampliação da capacidade de armazenamento de água construindo novos reservatórios, ampliando a distribuição de água através de projetos de adução e abastecimento, integrando bacias hidrográficas, a exemplo da transposição do Rio São Francisco e, por fim, aplicar ações que promovem a revitalização de bacias e ampliam o desenvolvimento da irrigação (Ministério do Planejamento, 2019).

Dentre as estratégias relacionadas aos recursos hídricos, o PAC não prevê nenhuma política de gestão da demanda de água, dessa forma, trata das problemáticas sempre numa escala macro, relacionada a obras de ampliação e adução de reservatórios, não envolvendo o aspecto micro, onde o reúso da água alivia a demanda dos reservatórios centralizados. Entretanto suas diretrizes dispõem da possibilidade de sugestão de soluções alternativas desde que aprovadas pela concessionária responsável pelo sistema de saneamento. Dessa forma a legislação que rege a conformidade do sistema é composta pela Lei das Águas (9.433/97), suas normas, portarias e resoluções complementares, e as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que a complementam, além do conjunto de normas brasileiras que definem as especificações técnicas dos sistemas.

Em relação aos sistemas de captação para uso de água da chuva, as definições técnicas de projeto e dimensionamento de reservatório são apresentadas pela norma da ABNT, NBR

15.527/07 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Nos itens 4.1.2.e 4.1.3 desta norma, estão definidos os requisitos para concepção do projeto que incluem o alcance do mesmo, a dimensão populacional que utiliza o sistema, a demanda total definida e a série histórica e sintética da precipitação da região. Já o item 4.5 define os parâmetros para usos não potáveis aos quais a água de chuva captada é adequada após tratamento, apresentando a tabela de parâmetros do Quadro 4.

Quadro 4: Parâmetros de qualidade da água para uso não potável.

PARÂMENTRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre*	Mensal	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	Mensal	<2,0 uT**, para usos menos restritos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes de sua utilização)	Mensal	< 15 uH***
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio		
* No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção. ** uT é a unidade de turbidez. ***uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT (2007).

Já a NBR 13969/97 apresenta uma divisão para os tipos de usos não potáveis da água de chuva em função de variáveis de suas qualidades. São divididas em 4 classes, sendo elas:

- Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador;
- Classe 2: Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos;
- Classe 3: Reuso na descarga dos vasos sanitários;
- Classe 4: Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Os parâmetros de avaliação de qualidade não são os mesmos da NBR 15527/07, de forma que o conjunto critério mais rigoroso entre as classes apresentadas pela NBR 13969/97, é:

- Turbidez < 5 NTU;
- Coliformes fecais < 200 NMP/100ml;
- Sólidos dissolvidos < 200 ppm;
- pH > 6 e < 8;
- Cloro residual > 0,5 e < 1,5 ppm.
- Oxigênio dissolvido >2,0 ppm

Mesmo não apresentando todos os critérios mostrados pela NBR 13969/97, a NBR 15527/07 é mais rigorosa em relação à presença de coliformes fecais e turbidez, porém ainda assim o comparativo demonstrou a falta de alinhamento entre as normas que definem a qualidade da água para uso não potável. Já a Lei 9433/1997 (Lei das Águas) dispõe do instrumento chamado “enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água” que por sua vez, é complementada pelas classes de enquadramento dispostas na Resolução 357 do CONAMA, entretanto, essa resolução não define os parâmetros para o uso doméstico não potável.

Mais recentemente a Lei 13501, de outubro de 2017, acrescentou no Artigo 2º da Lei das Águas, relacionado aos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o inciso IV:

*IV - “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”.*

O inciso permite que haja a exigência do poder executivo e da população em relação à aplicação de mecanismos que incentivem a aplicação de sistemas de captação e aproveitamento da água de chuva.

## 4.2. ESTIMATIVA DE DADOS

### 4.2.1. Estimativa do Consumo de Água e Produção de Esgoto

A estimativa de consumo de água deve levar em conta inicialmente os dados populacionais, que por sua vez são estimados considerando uma família por unidade habitacional e o número de componentes por família. Dessa forma, dentre os valores apresentados no item 3.3.1., o mais representativo seria o de 3,44 integrantes, correspondente à estimativa realizada pelo IBGE (2010) para o estado da Paraíba. Sabendo que o Conjunto Habitacional possui 4.100 UH pode-se estimar a população de acordo com a Equação 1:

$$P = 4100 * 3,44$$

$$P = 14.104 \text{ habitantes}$$

A partir desse número, deve-se estimar o valor do consumo médio *per capita* da região. O valor de 110 l/hab/dia apresentado pela ONU seria representativo se o caso fosse a análise de um sistema de abastecimento que esteja enquadrado nos padrões de conforto definidos pela organização, já o valor de 150 l/hab/dia referente à NBR seria representativo de um dimensionamento de tubulações e reservatório para um sistema de água fria, priorizando a garantia de abastecimento. Por fim, a série histórica do consumo *per capita* para cidade de Campina Grande, de 2010 a 2016, obtida em consulta no SNIS possui a média de 120 l/hab/dia, valor acima do exigido pela ONU e representativo para análise do consumo potencial médio de um sistema.

Dessa forma, adotando o valor de 120 l/hab/dia, a partir da Equação 2, tem-se:

$$K = 120 \text{ l/hab/dia} * 14.104 \text{ hab} * 365 \text{ dias}$$

Portanto, o consumo de água estimado para as atividades domésticas no Complexo Multimodal Aluizio Campos é:

$$K = 617.755.200 \text{ l/ano}$$

$$K = 617.755 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Os usos não potáveis representam aproximadamente um terço do consumo total de água. Adotando um valor 35% para essa categoria de uso, temos o valor de 216.214 m<sup>3</sup>/ano ou 582 m<sup>3</sup>/dia

Em relação às unidades habitacionais horizontais, para fim da análise futura dos sistemas de reservatórios individualizados, temos que o consumo se aplica apenas à parcela 3012 residências, o que equivale a 1.243 m<sup>3</sup>/dia. Os usos não potáveis dessa tem taxa de consumo de 435 m<sup>3</sup>/dia.

Em relação à produção de esgoto a estimativa é realizada pela Equação 3, que relaciona a população estimada com produção de efluente per capita, dessa forma tem-se:

$$E = 102,2 \text{ l/hab/dia} * 14.104 \text{ hab} * 365 \text{ dias}$$

$$E = 526.121.512,0 \text{ l} \cong 526.121,5 \text{ m}^3$$



#### 4.2.2. Estimativa do Coeficiente de Escoamento

De acordo com o projeto urbanístico apresentado na Figura 10, o parcelamento da ocupação do solo no polígono que compõe o Conjunto Habitacional Aluizio Campos é composto por 7 categorias, cujas proporções relacionadas às suas características são dadas pelo Quadro 5.

Figura 10: Conjunto Habitacional Aluizio Campos.



Fonte: Construtora Rocha (2013).

Quadro 5: Relação de uso do solo do Conjunto Habitacional Aluizio Campos.

<b>Parcelamento do Solo</b>		
<b>Áreas</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Lotes	492.659	41,88
Áreas das Praças	37.234	3,17
Áreas Verdes	82.338	7,00
Equip. Comunitário	82.284	7,00
Área comercial	39.181	3,33
Vias Públicas	391.412	33,27
PMCG	51.105	4,35
Poligonal	1.176.216	100,00

Fonte: Construtora Rocha (2013).

A partir dos dados fornecidos pelo projeto urbano pôde-se estabelecer o coeficiente de escoamento médio para a área analisada. Entretanto uma conferência utilizando ferramentas de medição de polígono realizada no projeto da Figura 10 mostrou que as áreas do lote compõem trechos de solo permeável que serão adicionados às áreas verdes. Além disso, a área classificada como PMCG é relacionada a lotes sem ocupação definida porém com previsão incerta de construção de um terminal de transporte público integrado. Dessa forma foi adotada a configuração apresentada no Quadro 6.

Quadro 6: Parcelas da ocupação do solo do Conjunto Habitacional.

<b>Parcelamento do Solo</b>		
<b>Áreas</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Edificações	366.112	31,12
Áreas Verdes + Solos sem ocupação	381.457	32,44
Vias Públicas	391.412	33,27
Praças	37.234	3,17
Poligonal	1.176.216	100,00

Fonte: O autor.

No Quadro 6, a área das edificações engloba a área comercial, as edificações horizontais, as verticais e os equipamentos comunitários. Após distribuição das áreas de acordo com características semelhantes, pode-se admitir um coeficiente de escoamento ( $C$ ) para cada parcela. Relacionado à área das edificações, pode-se estabelecer um valor de 0,8, referente ao recomendado pela ABNT NBR 15527/07, geralmente apresentado quando se aplica o Método Prático Australiano, adaptado do Método Racional. Visto que a norma está relacionada à captação de água pela cobertura de áreas urbanas, este valor é adequado.

Os valores do escoamento podem ser estimados de acordo com a classificação disposta na Quadro 7. Dessa forma tem-se quanto às áreas verdes e solos sem ocupação o valor  $C$  igual a 0,2, que é relacionado ao solo como superfície não revestida, terreno descampado, matas e jardins. Para as praças, tem-se o valor  $C$  igual a 0,8, devido ao revestimento de concreto e paralelepípedo adotado pela construtora. Por fim, para as vias públicas, pode-se admitir o valor de  $C$  igual a 0,9 relacionadas a superfícies asfaltadas em bom estado.

Quadro 7: Coeficientes de escoamento relacionado ao uso do solo.

Caracterização da superfície	Coeficiente de escoamento
Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pacimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulhos;	0,15 a 0,30
Superfícies não-revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo na natureza e do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: Garotti e Barbassa (2010), adaptado de Villela e Mattos (1980).

Dessa forma tem-se a Quadro 8, que dispõe da divisão das áreas que compõem a poligonal relacionando-as a seus coeficientes de escoamento, sendo o possível extrair o valor de C médio de 0,64 para toda a área.

Quadro 8: Uso do solo do Conjunto Habitacional Aluizio Campos.

Parcelamento do Solo			
Áreas	m <sup>2</sup>	%	C
Edificações	366.112	31,12	0,8
Áreas Verdes + Solos sem ocupação	381.457	32,44	0,2
Vias Públicas	391.412	33,27	0,9
Praças	37.234	3,17	0,8
Poligonal	1.176.216	100,00	<b>0,64</b>

Fonte: O autor.

### 4.3. SUGESTÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

#### 4.3.1. Com Reservatório Centralizado

O sistema de captação de água da chuva com reservatório centralizado é composto pelo sistema de drenagem viário urbano já existente, reservatório apoiado ou elevado, tubulação que liga o sistema de drenagem ao reservatório e a que leva a água do reservatório às casas, sendo esta última paralela à tubulação de abastecimento convencional.

O dimensionamento do reservatório deve seguir a norma ABNT NBR 15527/07, utilizando qualquer um dos métodos apresentados pela mesma. Com fim de exemplificar o dimensionamento para a sugestão mais adequada do sistema, estão dispostos a seguir a dimensionamento segundo o método Azevedo Neto e o método prático inglês, pois estes trabalham com variáveis já apresentadas nesse trabalho:

- Método Azevedo Neto ou Prático Brasileiro:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (4)$$

Onde:

$V$  = volume de água de reservatório (l);

$P$  = precipitação anual média (mm);

$A$  = área de captação(m<sup>2</sup>);

$T$  = número de meses de pouca chuva.

Os valores de precipitação média e área de captação já foram apresentados nesse trabalho, sendo, respectivamente, 720 mm e 1.176.215,78 m<sup>2</sup>.

Em relação ao número de meses com baixo índice pluviométrico, o valor pode ser obtido a partir da metodologia descrita por Rupp *et al.* (2011), onde se considerou os meses com pouca chuva os que apresentaram precipitação inferior a 80% da precipitação média mensal, que para Campina Grande, segundo Aragão, 2000 é de 60mm. Dessa forma, numa consulta ao Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA) tem-se o Quadro 9:

Quadro 9: Relação de precipitação média de Campina Grande

MESES	PRECIPITAÇÃO EM MILIMÉTROS										
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
JAN	57,3	29,5	140,3	8,8	14,6	11,3	56,6	-	104,7	35,4	52,9
FEV	90,1	16,4	39,6	17,4	49,7	12,4	116,4	-	74,1	327,2	0,0
MAR	112,1	5,0	66,9	80,1	35,8	11,5	18,2	-	46,2	24,5	185,1
ABR	224,4	96,2	-	45,8	89,8	167,8	8,3	201,7	96,1	114,5	78,0
MAI	106,5	81,9	107,1	19,8	146,9	63,2	78,5	282,4	29,7	124,5	134,1
JUN	52,3	126,5	29,9	-	133,0	124,7	174,1	81,4	266,5	113,4	99,4
JUL	23,0	182,0	19,3	186,6	116,2	147,8	116,4	289,2	71,7	191,5	132,5
AGO	10,3	21,1	20,4	27,5	63,2	100,2	17,4	120,9	0,0	121,9	98,2
SET	12,1	35,9	11,0	20,9	123,8	38,2	0,0	8,7	59,6	0,0	25,0
OUT	0,5	28,7	8,3	10,3	86,4	32,7	0,0	0,0	-	0,0	25,0
NOV	23,7	11,0	-	2,9	12,7	54,9	2,7	4,2	0,0	0,0	0,0
DEZ	32,1	0,0	61,0	44,5	24,6	74,8	5,2	10,3	-	0,0	16,5
< 80% DA MÉDIA	2	3	2	3	0	2	5	4	2	4	2
MESES REGISTRADOS	12	12	10	11	12	12	12	9	10	12	12
T MÉDIO	2,6										

Fonte: ANA (2019).

Adotando um valor de T igual a 2,0 imediatamente inferior, com finalidade de evitar superdimensionamento (RUPP et al., 2011) e substituindo as variáveis do método Azevedo Neto, tem-se:

$$V = 0,042 \times 720\text{mm} \times 1.176.215,78\text{m}^2 \times 2,0$$

$$V = 71.137,53 \text{ m}^3$$

- Método Prático Inglês:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

Onde:

*V* = volume de água de reservatório;

*P* = precipitação anual média;

*A* = área de captação.

Dáí tem-se:

$$V = 0,05 \times 720\text{mm} \times 1.176.215,78\text{m}^2$$

$$V = 42.343,77m^3$$

Os valores obtidos pelo dimensionamento do reservatório podem ser comparados diretamente com o volume armazenado em um ano, resultado da análise pelo método racional descrito pela Equação 3, onde o coeficiente de escoamento foi definido no tópico 4.2.2. deste trabalho:

$$Q = 0,64 * 0,72m/ano * 1.176.215,78m^2$$

$$Q = 542.000,2 m^3/ano$$

Para estabelecer critério de comparação, faz-se a análise da Equação 5, descrita no Item 3.4., então tem-se:

- Para o reservatório dimensionado pelo método prático brasileiro:

$$T_{temp} = 71.137,53 / 582,4 m^3/dia$$

$$T_{temp} = 122 dias$$

- Para o reservatório dimensionado pelo método prático inglês:

$$T_{temp} = 42.343,77 / 582,4 m^3/dia$$

$$T_{temp} = 72 dias$$

De acordo com a Quadro 9, o tempo médio sem chuva é de 2,6 meses, o que equivale a 78 dias. Dessa forma, pode-se estimar um reservatório com um volume que supra esse período e atenda o dimensionamento pelo método prático inglês. O volume do reservatório escolhido é:

$$T_{temp} = 78dias = V / 582,4 m^3/dia$$

$$V = 45.427,2 m^3 \cong 45.500,0 m^3$$

O valor acima adotado favorece uma menor ocupação do espaço disponível em relação ao dimensionamento pelo método prático brasileiro. A fim de melhorar distribuição da adução adota-se uma série de dois ou mais reservatórios que somem a capacidade de 45.500 m<sup>3</sup> espelhados nas porções de áreas disponíveis sem ocupação definida no Conjunto Habitacional

que, segundo o Quadro 5, são classificadas como PMCG (Prefeitura Municipal de Campina Grande) e correspondem a 51.105,13 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2. *Com Reservatório Individualizado*

O sistema de armazenamento de água de chuva individualizado é composto pela captação a partir de calhas fixadas nas bordas dos telhados, a tubulação de descarte da primeira chuva, filtro de tela e reservatório de armazenamento. A ressalva em relação ao registro para saída de água restrita a uso não potável descrita no tópico anterior também se aplica a esse sistema.

O dimensionamento dos reservatórios também segue a metodologia descrita pela ABNT NBR 15527/07. Para critérios de comparação, os métodos de dimensionamento exemplificados também serão o Prático Brasileiro e Inglês. Entretanto, esse sistema leva em consideração apenas a captação residencial que, para o conjunto habitacional Aluizio Campos, conta com 3.012 residências e cuja projeção de telhado tem 42,44 m<sup>2</sup>.

Adotando os mesmos parâmetros relacionados aos meses de pouca precipitação (T) e precipitação média anual, tem-se os reservatórios dimensionados:

- Método Azevedo Neto ou Prático Brasileiro:

$$V = 0,042 \times 720\text{mm} \times 42,44\text{m}^2 \times 2,0$$

$$V = 2,57 \text{ m}^3$$

Para as 3012 unidades habitacionais tem-se a capacidade de armazenamento de 7.740,84 m<sup>3</sup>.

- Método Prático Inglês:

$$V = 0,05 \times 720\text{mm} \times 42,44\text{m}^2$$

$$V = 1,53\text{m}^3$$

Para as 3012 unidades habitacionais tem-se a capacidade de armazenamento de 4.608,36 m<sup>3</sup>.

Com o intuito de estabelecer um critério de comparação, tem-se a vazão obtida no período de um ano utilizando o método racional, sendo que, para os telhados, o coeficiente de escoamento adotado é de 0,8, como descrito no 4.2.2.; dessa forma:

$$Q = 0,8 * 0,72m/ano * 42,44m^2$$

$$Q = 24,44 m^3/ano$$

Para as 3012 residências, a vazão é de 73.629,66 m<sup>3</sup>/ano.

Como critério de comparação, faz-se a análise da Equação 5, descrita no Item 3.4., porém, em relação aos usos não potáveis a taxa de consumo se aplica somente a população das unidades habitacionais horizontais:

- Para o reservatório dimensionado pelo método prático brasileiro:

$$T_{temp} = \frac{7.740,84 m^3}{435,17 m^3/dia}$$

$$T_{temp} \cong 18 dias$$

- Para o reservatório dimensionado pelo método prático inglês:

$$T_{temp} = \frac{4.608,36 m^3}{435,17 m^3/dia}$$

$$T_{temp} \cong 11 dias$$

Para nenhum dos métodos o tempo de estiagem médio 2,6 meses (78 dias) foi superado. Entretanto, para aplicação de reservatórios que suprissem esse período, seria necessária a instalação de reservatórios de 11.000 litros como mostrado na análise:

Volume do reservatório escolhido:

$$T_{temp} = 78dias = \frac{V}{435,17 m^3/dia}$$

$$V = 33.934,26 m^3$$

Para cada uma das 3.012 UH,



$$V = 33.934,26 \text{ m}^3 / 3.012 \cong 11,3 \text{ m}^3$$

Entretanto, com o intuito de garantir mais espaço no lote e não implicar novas cargas sobre a laje das unidades residências, pode-se admitir o reservatório dimensionado que mais se aproxima do reservatório de abastecimento de água fria já existente. De acordo com as informações cedidas pela empresa responsável pelo empreendimento, os reservatórios são de 500 l para cada unidade; dessa forma, o dimensionamento que mais se assemelha é o realizado pelo método Prático Inglês. Garantindo a aquisição dos reservatórios de acordo com disponibilidade comercial, é sugerido um volume de 2.000 litros.

#### 4.4. ANÁLISE DE CENÁRIOS COM O METABOLISMO URBANO

Os sistemas dimensionados compõem dois cenários a serem avaliados: o primeiro utiliza reservatório de armazenamento de água de chuva centralizado, o segundo possui sistema de captação e reserva de água de chuva individualizada. Ambos os cenários serão comparados com o cenário real.

O Quadro 10 expõe o cenário real estimado para o Conjunto Habitacional Aluízio Campos em relação ao consumo de água, a dependência do sistema de abastecimento tradicional e a produção de efluentes na escala de um ano.

Quadro 10: Balanço metabólico da água para o cenário real.

<b>BALANÇO METABOLICO URBANO DA ÁGUA: CENÁRIO REAL</b>	
CONSUMO DE ÁGUA (m <sup>3</sup> /ano)	617.755
ABASTECIMENTO PELO SISTEMA TRADICIONAL (%)	100%
ABASTECIMENTO POR SISTEMAS ALTERNATIVOS (%)	0%
PRODUÇÃO DE EFLUENTE (m <sup>3</sup> /ano)	1.068.122

Fonte: o autor

Entende-se como efluente produzido a soma da produção de esgoto estimada (526.121,5 m<sup>3</sup>) mais a água de chuva captada pelo sistema de drenagem urbana (542.000,2 m<sup>3</sup>) que, por sua vez, foi resultado da análise pelo método racional disposta no Item 4.3.1. deste trabalho.

Com a aplicação do sistema de captação de água de chuva com reservatório centralizado o cenário passa a ser o apresentado pelo Quadro 11.

Quadro 11: Balanço metabólico da água para o cenário com reservatório centralizado.

<b>BALANÇO METABÓLICO URBANO DA ÁGUA: UTILIZANDO CAPTAÇÃO DE CHUVA - RESERV. CENTRALIZADO</b>	
CONSUMO DE ÁGUA (m <sup>3</sup> /ano)	617.755
ABASTECIMENTO PELO SISTEMA TRADICIONAL (%)	65%
ABASTECIMENTO POR SISTEMAS ALTERNATIVOS (%)	35%
PRODUÇÃO DE EFLUENTE (m <sup>3</sup> /ano)	526.121
NOVA OFERTA DE ÁGUA P/ USO NÃO POTÁVEL (m <sup>3</sup> /ano)	325.786

Fonte: O autor.

O volume potencial armazenado pelo sistema de captação de água de chuva pela infraestrutura de drenagem urbana viária tem seu uso restringido para fins não potáveis, estes representam 35% do consumo residencial. Dessa forma, 35% é a parcela máxima de abastecimento por sistemas alternativos utilizam captação de água da chuva, com exceção dos casos onde sejam previstos tratamento de água para adequação a usos mais exigentes de potabilidade. Assim, o volume restante, após os usos residenciais, representa uma nova oferta de água de 325.786 m<sup>3</sup>.

O Quadro 12 apresenta o cenário da aplicação do sistema de captação e armazenamento de água de chuva individualizado.

Quadro 12: Balanço metabólico da água para o cenário com reservatórios individualizados.

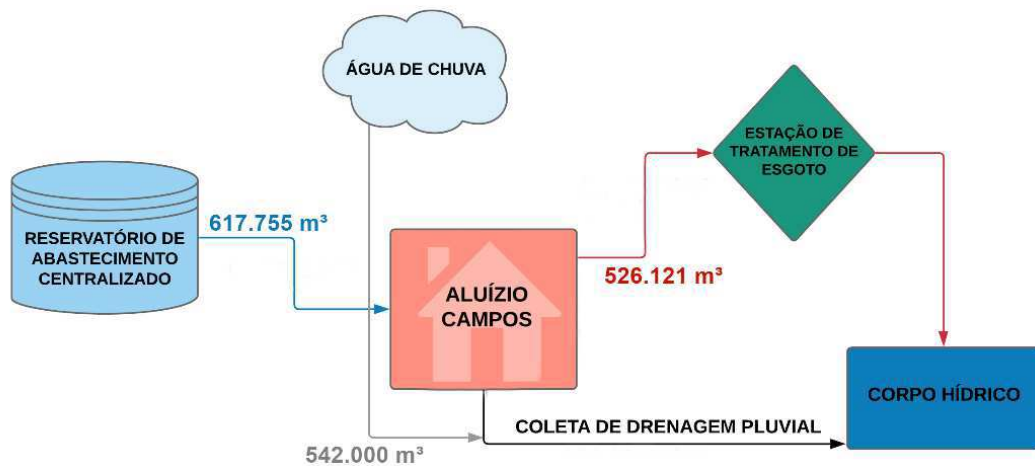
<b>BALANÇO METABOLICO URBANO DA ÁGUA: UTILIZANDO CAPTAÇÃO DE CHUVA - RESERV. INDIVIDUALIZADO</b>	
CONSUMO DE ÁGUA (m <sup>3</sup> /ano)	617.755
ABASTECIMENTO PELO SISTEMA TRADICIONAL (%)	88%
ABASTECIMENTO POR SISTEMAS ALTERNATIVOS (%)	12%
PRODUÇÃO DE EFLUENTE (m <sup>3</sup> /ano)	994.492
NOVA OFERTA DE ÁGUA P/ USO NÃO POTÁVEL (m <sup>3</sup> /ano)	0,00

Fonte: O autor.

Como o potencial de armazenamento usando esse sistema é menor do que a parcela de usos não potáveis, o volume de água captado é completamente aproveitado nas atividades domésticas, implicando uma redução de 12% na dependência pelo abastecimento tradicional e diminuindo a produção de efluente em 73.629,7 m<sup>3</sup>/ano.

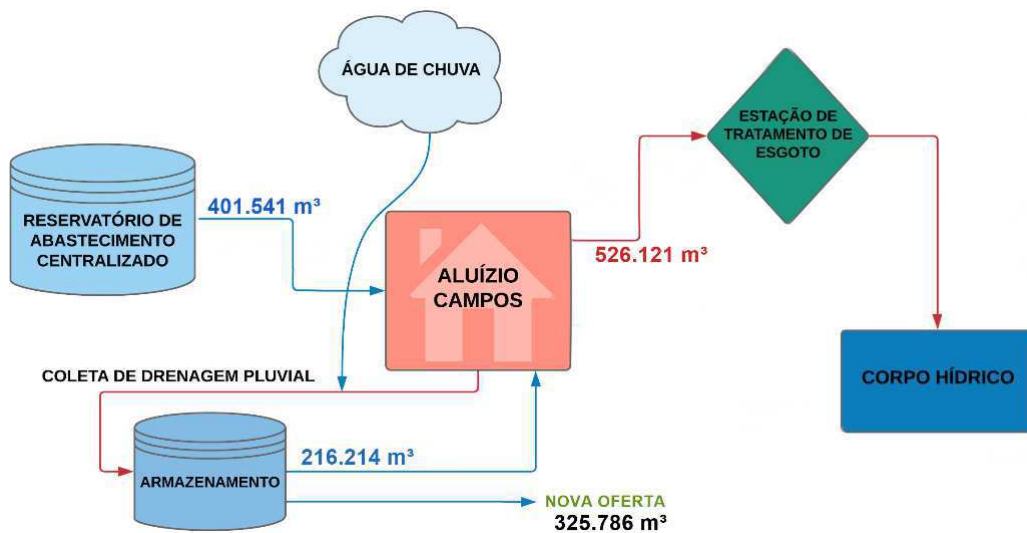
As Figuras 11, 12 e 13 expressam a relação da parcela urbana analisada com a água sob um ponto de vista do metabolismo urbano, apresentando o cenário real estimado, a aplicação de captação de água de chuva mais reservatório centralizado e aplicação de captação da precipitação mais reservatórios individualizados, respectivamente.

Figura 11: Metabolismo urbano da água para o cenário real.



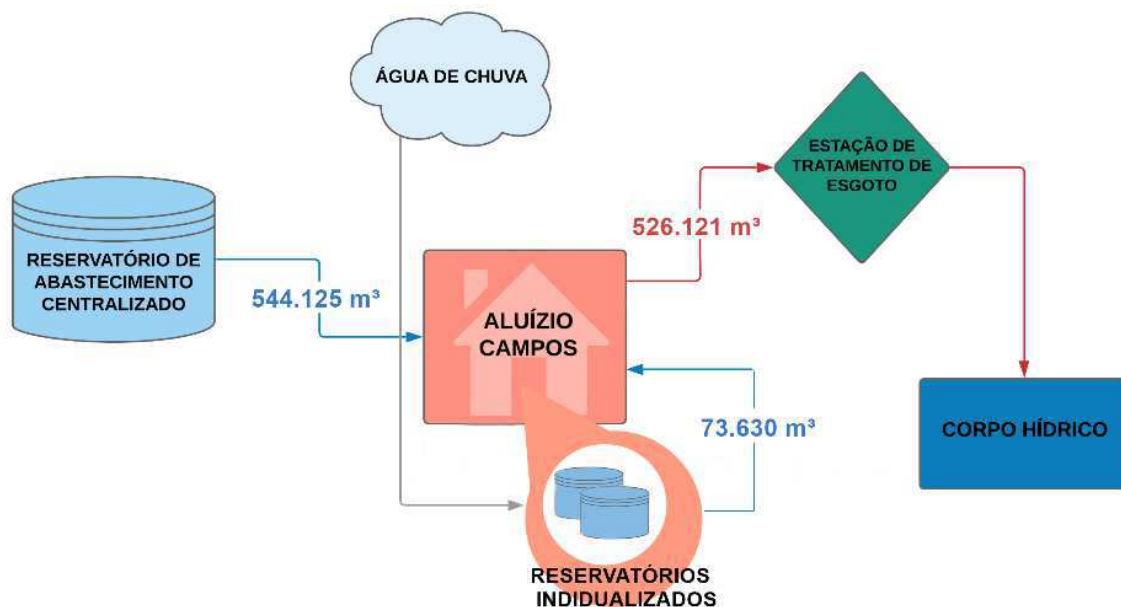
Fonte: O autor.

Figura 12: Metabolismo urbano da água para o cenário aplicando captação de água de chuva com reservatório centralizado.



Fonte: O autor.

Figura 13: Metabolismo urbano da água para o cenário aplicando captação de água de chuva com reservatórios individualizados.



Fonte: O autor.

Do ponto de vista de metabolismo urbano da água, as alternativas de gestão de recursos hídricos analisadas transformaram um sistema metabólico linear em cíclico, aproveitando fontes alternativas de água, o que configura uma política sensível aos recursos hídricos. Ainda pode-se observar, ao comparar os resultados entre os cenários estimados, uma grande diferença entre os volumes poupados estimados, o que não significa que um sistema é mais adequado que outro.

A simulação do metabolismo aplicado nessa área de estudo teve resultados mais satisfatórios relacionados com o emprego da captação de chuva pelo sistema de drenagem existente mais a reserva de água centralizada. Isso pode estar relacionado à consideração da captação por toda a área da poligonal do Complexo Habitacional, que envolve outras edificações, vias públicas, praças, entre outras ocupações do solo que não só as residências de construção horizontal, como foi o caso do segundo sistema analisado. Dessa forma, é possível afirmar que em empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida que tenham configuração majoritariamente residencial, a aplicação de reservatórios individualizados seja tão eficiente quanto a aplicação de reservatórios centralizados.

## 5. CONCLUSÃO

O material analisado neste trabalho indica a importância da preocupação com a gestão adequada dos recursos hídricos aplicada a empreendimentos habitacionais de grande porte, assim como é importante buscar um maior suporte legal para as questões que envolvem o desenvolvimento sustentável sensível à água através da aplicação de sistemas alternativo de abastecimento.

De acordo com a análise dos documentos que regem a aplicação de empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida, foi possível identificar a não obediência da escala prevista para Conjunto Habitacional Aluizio Campos, o que pode ser um indicador de sobrecarga nas infraestruturas que compõem a área urbana. Através das observações aos suportes legais de medidas de gestão de demanda de água, foi possível observar a obrigação de presença de tecnologias poupadoras nas unidades habitacionais que, entretanto, se limitam a estratégias de redução de consumo, como hidrômetros individualizados e descargas com redução de volume.

Não há, na legislação, medidas obrigatórias que se adequem à realidade de regiões suscetíveis à escassez hídrica buscando fontes alternativas às convencionais. De forma antagônica, a política de recursos hídricos descrita no PAC tem intuito de aumentar a oferta de água por meio da criação de novos reservatórios e adução entre bacias hidrográficas. Esse cenário evidencia a urgente necessidade de mudanças nas diretrizes vigentes para construção de empreendimentos habitacionais de forma a evitar a mercantilização do produto dessas políticas, ou, ao menos, garantir uma integração dos processos urbanos de forma mais sustentável.

Apesar de não apresentar obrigatoriedade, as diretrizes do PMCMV permitem que sistemas alternativos aos tradicionais, relacionados à infraestrutura de abastecimento de água e energia, sejam sugeridos, sujeitos à análise dos agentes responsáveis pelo abastecimento local.

Dessa forma foi possível apresentar duas alternativas ao sistema de abastecimento vigente para o conjunto habitacional. A primeira alternativa trata-se de um sistema de captação de água de chuva composto pela infraestrutura de drenagem urbana e reservatórios centralizados de grande dimensão com função de distribuir o volume captado para fins residenciais não potáveis. Já o segundo sistema apresentado capta a precipitação através de

calhas anexadas aos telhados das edificações residências horizontais e armazena o volume em reservatórios individualizados para cada unidade habitacional.

O sistema com reservatório centralizado apresentou um potencial de economia de 35% do uso residencial da água, sendo este valor referente ao volume destinado a fins não potáveis. Além disso, o mesmo sistema tem capacidade de produzir 325.785,88 m<sup>3</sup> de água que representam uma nova oferta que, por sua vez, pode ser utilizada nas atividades previstas nas expansões urbanas do complexo multimodal do qual o conjunto habitacional faz parte, o que inclui a manutenção de áreas verdes, uso industrial e usos domésticos. Por fim, esse sistema pode chegar a reduzir a produção de efluentes em 69%, caso seja feito proveito da nova oferta de água captada. Já aplicando captação de água de chuva individualizado, o potencial de economizar 12% do volume abastecido que, em relação à produção de efluente, é uma redução de cerca de 7%.

Fatores econômicos relacionados ao custo de investimento em cada um dos cenários sugeridos e aspectos sociais relacionados à resposta da população contemplada com as residências não foram levados em consideração para a análise dos sistemas. Entretanto a análise do metabolismo urbano da água possibilitou observar que a aplicação dos sistemas de captação de água de chuva interfere positivamente no processo de utilização dos recursos hídricos, apresentando novas fontes com potencial de aliviar as demandas dos sistemas tradicionais de abastecimento urbano.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989;

\_\_\_\_. **NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992;

\_\_\_\_. **NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 2004;

\_\_\_\_. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997;

\_\_\_\_. **NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos**. Rio de Janeiro, 2007;

\_\_\_\_. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1996;

AGUDELO-VERA, C. M., LEDUC, W.R.W. A., MELS, A. R., RIJNAARTS, H. H. M. **Harvesting urban resources towards more resilient cities**. Resources, Conservation and Recycling. 64, 3-12. 2012.

ALMEIDA, Amanda Luiza Freire; SILVA, Caio César Carneiro; CÉSAR, Francisca Raquel Cavalcanti. **A Construção do Complexo Aluizio Campos em Campina Grande - PB: A Lógica da Cidade Como Mercadoria na Produção do Espaço Público**. Anais do II Conidis Congresso sobre a Diversidade do Semiárido. 2017;

ÁLVAREZ, Cristian Julián Díaz. **Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades**. Interdisciplina, v. 2, n. 2, 2014;

ANA - Agência Nacional das Águas. Disponível em: <  
[http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf)> . Acesso em: 30 de março, 2019.

ARAGÃO, R.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S.; GOIS, R. S. S. **Chuvras Intensas no Estado da Paraíba**. V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal. Anais do

V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal – RN. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, p. 74-85, 2000.

BALBINO, Michelle Lucas Cardoso. **O programa minha casa minha vida e o meio ambiente local: estudo de caso no município de Patos de Minas/MG**. Ouro Preto, 2012;

BARBOSA, Gisele Silva. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Revista Visões, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2008. Disponível em: <<http://www.fsma.edu.br/visoes/>> acesso em 19 de novembro de 2018;

BRASIL, Atlas. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2013**. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/campina-grande\\_pb](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/campina-grande_pb)> Acesso em 15 de junho de 2019, v. 22, 2016.

\_\_\_\_. **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**.

\_\_\_\_. **Portaria nº 114, 28 de fevereiro de 2018**. Diário Oficial: Brasília, 29 de fevereiro de 2018, Edição 102, seção 1, p. 156.

\_\_\_\_. **Portaria nº 269, 16 de janeiro de 2017**. Diário Oficial: Brasília, 22 de janeiro de 2017, Edição 15, seção 1, p. 21.

\_\_\_\_. **Portaria nº 660, 14 de novembro de 2018**. Diário Oficial: Brasília, 16 de novembro de 2018, Edição 220, seção 1, p. 105.

\_\_\_\_. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/>> acesso em 22 abril. 2019;

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;

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015;

CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável** (1995). Recuperado em, v. 12, 2015;



CD - CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Avulso do projeto de lei n. 253, de 2016**, Senado Federal, 5. p., 2016;

D'AMICO, Fabiano et al. **O desenvolvimento econômico brasileiro e a Caixa: trabalhos premiados. Rio de Janeiro: Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento** - Caixa Econômica Federal. 2011;

DUARTE, Fábio. **Planejamento Urbano**. Curitiba, Editora IBPEX, 2007.

FENDRINCH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. Tese de Doutorado em Geologia - Curso de Pós-graduação em Geologia Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

GAROTTI, Leonardo Monteiro; BARBASSA, Ademir Paceli. **Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 1, p. 19-28, 2010;

GIRARDET, H. **The metabolism of cities**. In: Cadman, D., Payne, G., The Living City: Towards a Sustainable Future. Routledge, Londres, p. 170 - 180. 1990.

HOLANDA, Marcos Antonio Arruda Guerra de. **Medição individualizada em edifícios residenciais: controle e redução do consumo de água potável**. 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Região de Influência das Cidades**. REGIC, 2008. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm> > acesso em 26 de maio de 2019;

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. **Abastecimento Urbano de Água: Panorama para O Semiárido Brasileiro**. Apresentação, 21 slides. 2014, Disponível em: < [http://semiariodoemfoco.insa.gov.br/?wpfb\\_dl=34](http://semiariodoemfoco.insa.gov.br/?wpfb_dl=34) > acesso em 12 de março de 2019;

KRAUSE, Cleandro; BALBIM, Renato; NETO, Vicente Correia Lima. **Minha Casa Minha Vida, nosso crescimento: Onde fica política habitacional?** Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2013;

MACHADO, Renata Parma et al. **Água Virtual**. UFMG, 2013.

MARINHO, Simone Danielle Aciole Morais et al. **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) –Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

MARX, K. **Capital**, vol. III. Penguin Books, Londres. 1981.

PASTORELLI JUNIOR, José Henrique et al. **Estudo da sustentabilidade e resiliência urbana no contexto da redução de risco de desastres**. Tese de Doutorado, Unicamp, Campina -SP. 2018;

PEREIRA, Leandro Roncato; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco YM. **Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m<sup>2</sup> de cobertura**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2008;

PINTO, Nelson Luiz de Sousa; HOLTZ, Antonio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto. **Hidrologia básica**. Rio de Janeiro, Edgard Blucher. 278 p., 1976;

RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; ALBUQUERQUE, J.P.T. **Considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão na bacia hidrográfica do rio Paraíba em cenário de vindouros anos secos**. In: Anais XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa, ABRH, 2012.

RENOULF, M., KENWAY, S. **Evaluation Approaches for Advancing Urban Water Goals**. Journal of Industrial Ecology. 2016;

RUPP, Ricardo Forgiarini et al. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. CEP, v. 88040, p. 900, 2011;

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Aplicativa série histórica 4**. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. Disponível em < <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>> acesso em 12 de outubro de 2018;

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2<sup>a</sup> ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x, 2005;

- TUCCI, C. E. M. **Coefficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000;
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill, 245 p., 1975;
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 250 p., 1980;
- WILKEN, Paulo Sampaio; **Engenharia de drenagem superficial.** In: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Cetesb, 1978;
- WOLMAN, A. **The Metabolism Of Cities.** Scientific American, 213, 179-190, 1965;
- WONG, Tony HF. **An overview of water sensitive urban design practices in Australia.** Water Practice and Technology, v. 1, n. 1, 2006;
- WONG, Tony HF; BROWN, Rebekah R. **The water sensitive city: principles for practice.** Water science and technology, v. 60, n. 3, p. 673-682, 2009;
- ZHANG, Y. **Urban metabolism: A review of research methodologies.** Environmental Pollution, 178, 463-473. 2013.