



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

**SIMONE DANIELLE ACIOLE MORAIS MARINHO**

**PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS  
HÍDRICOS: ANÁLISE A PARTIR DO METABOLISMO URBANO  
E DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO EM CAMPINA GRANDE - PB**

Campina Grande,  
Fevereiro de 2018.

**SIMONE DANIELLE ACIOLE MORAIS MARINHO**

**PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS:  
ANÁLISE A PARTIR DO METABOLISMO URBANO E DA PRODUÇÃO DO  
ESPAÇO EM CAMPINA GRANDE - PB**

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: CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO**

**CO-ORIENTADORA: LÍVIA IZABEL BEZERRA DE MIRANDA**

Campina Grande,  
Fevereiro de 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M338p

Marinho, Simone Danielle Aciole Morais.

Planejamento urbano sensível aos recursos hídricos : análise a partir do metabolismo urbano e da produção do espaço em Campina Grande-PB / Simone Danielle Aciole Morais Marinho. – Campina Grande, 2018. 93 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão, Profa. Dra. Livia Izabel Bezerra de Miranda".

Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Planejamento Urbano. 3. Metabolismo Urbano. 4. Produção do Espaço – Campina Grande (PB). I. Galvão, Carlos de Oliveira. II. Miranda, Livia Izabel Bezerra de. III. Título.

CDU 556.18 (043)

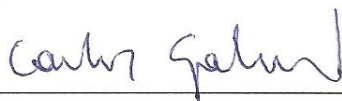
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**  
**AMBIENTAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Simone Danielle Aciole Morais Marinho

**PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS: ANÁLISE A**  
**PARTIR DO METABOLISMO URBANO E DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO EM**  
**CAMPINA GRANDE – PB**

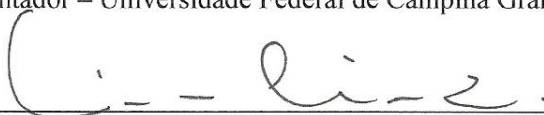
Trabalho apresentado ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental.



---

Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão

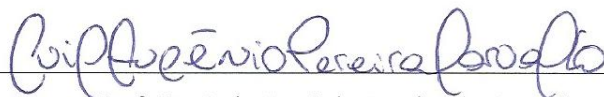
(Orientador – Universidade Federal de Campina Grande)



---

Prof. Dr. Livia Izabel Bezerra de Miranda

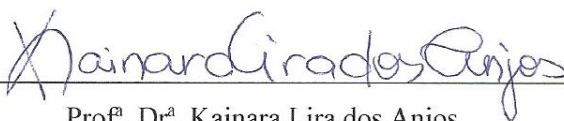
(Coorientadora – Universidade Federal de Campina Grande)



---

Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira de Carvalho

(Examinador Externo – Universidade Federal de Campina Grande)



---

Prof. Dr. Kainara Lira dos Anjos

(Examinadora Externa – Universidade Federal de Campina Grande)

Campina Grande-PB, 19 de Fevereiro de 2018.

Àqueles que acompanharam os meus  
primeiros passos, escutaram as minhas  
primeiras palavras, e vibraram comigo quando  
escrevi as primeiras letrinhas: aos meus pais,  
Edmário (*in memoriam*) e Lourdes, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Entendendo que muito mais importante que o resultado final é a jornada para conquistá-lo, jornada esta em que há acertos, erros e, sobretudo, muito amadurecimento, não poderia deixar de agradecer àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com todo este processo. Portanto, agradeço:

- A *minha família*, por todo o apoio dedicado a este momento de minha vida, sendo uma verdadeira fortaleza do início ao fim, compreendendo minhas ausências e me motivando a superar as minhas dificuldades. Ao meu esposo, *Carlinhos*, por toda a dedicação, amor, companheirismo e paciência; a minha mãe, *Lourdes*, por ser uma inspiração de superação e força na minha vida; ao meu pai, *Edmário (in memoriam)* por ter me ensinado sobre os valores mais importantes da vida; a minha irmã e melhor amiga, *Suelyn*, por ser um exemplo de pessoa e profissional em quem me espelho; aos amados *Izé, Beto e Isabela*, por me acolherem no seio de sua família com tanto carinho.
- Aos *meus professores*, por todo o conhecimento compartilhado. Ao meu orientador, *Carlos*, por acreditar em mim, por me permitir iniciar “florescer” enquanto pesquisadora; a minha orientadora, *Lívia*, por me ajudar nas minhas limitações relativas à compreensão do espaço urbano, e por todo o carinho com que acolheu todas as minhas dúvidas; aos professores do PPGECA, especialmente *Iana, Andréa, Márcia, Márcio, Veruchka, Srinivasan e Carlos*, com quem tive a oportunidade de estar em sala de aula.
- Ao *INCT Observatório das Metrópoles*, pela oportunidade de integração à rede, assim como pelo apoio financeiro; a *Lívia e Demóstenes* por toda a experiência partilhada, e por tornar esta jornada leve e agradável; a *Kainara e Eugênio*, por aceitarem avaliar este trabalho e contribuírem para torná-lo melhor.
- Aos *amigos* que me acompanharam nesta trajetória. Às famílias em Cristo, *Sagrado Coração de Maria e Pão Maior*, por todas as orações e partilha de vida; a *Bárbara e Mayara*, pelas longas e constantes conversas sobre “o futuro” desde o tempo da graduação; a *Michele*, por toda a ajuda e pelos sorrisos sempre compartilhados; a *Karla*, por ter estado sempre disposta a me ajudar neste trabalho; a *Renata, Bárbara e Raliny*, por estarem sempre presentes; às queridas “*Tobogirls*”, *Karla, Bárbara, Fernanda, Priscila, Ester, Poliana, Marília, Rochele, Michele e Tereza*, por trazerem leveza e alegria aos meus dias na universidade.
- À *CAPES*, pelo apoio financeiro durante boa parte do desenvolvimento da pesquisa.

**Muito obrigada!**

## RESUMO

O planejamento urbano integrado aos recursos hídricos não é uma realidade ainda difundida às cidades, embora necessária, considerando que os sistemas urbanos dependem, em sua maioria, de uma única fonte de abastecimento de água, geralmente externa aos seus limites. Campina Grande, cidade de médio porte do semiárido brasileiro, objeto de estudo da presente dissertação, é expressão dessa desarticulação, tendo, historicamente, vivenciado crises relativas à disponibilidade hídrica para os diversos usos urbanos. O objetivo deste trabalho é apresentar possibilidades de ampliação da sensibilidade urbana em relação aos recursos hídricos, a partir da compreensão do metabolismo urbano e dos impactos da produção do espaço sobre esse metabolismo. Foram realizadas duas análises do espaço urbano: a primeira delas é relativa ao desempenho hidrológico, onde são levantados os potenciais de diversificação hídrica por meio do desenvolvimento de indicadores quantitativos e da geração de cenários possíveis à diversificação; a segunda refere-se à produção do espaço, onde é realizado um levantamento histórico das condições de acesso à água na cidade estudada. É verificado como se deu o processo de produção do espaço e o impacto deste processo sobre os recursos hídricos. Mais detalhadamente, observa-se as correlações entre os agentes e as transformações espaciais, visando identificar as associações que comandam essas transformações, sendo o objeto desta análise o Bairro do Catolé, devido às expressivas transformações espaciais que apresentou nos últimos 20 anos. Os resultados apresentam um potencial de 243,60% para diversificação por uso de água de chuva, e 68,90% por reúso de água residuária. Ainda, por meio da combinação de possibilidades de diversificação hídrica, o sistema de abastecimento, que atualmente é totalmente centralizado, poderia ter esta centralização reduzida a até 57,19%. Sendo assim, ressalta-se a importância do papel do município na gestão dos recursos hídricos. No entanto, a análise realizada no Catolé revela uma crescente diminuição do papel do Estado, como regulador dos processos espaciais. Os promotores imobiliários e proprietários fundiários condicionam a dinâmica espacial a seus interesses especulativos. Tal contexto dificulta a melhoria do desempenho hidrológico urbano. Por fim, são apresentadas diretrizes que indicam possíveis medidas a serem adotadas na cidade para direcionar-lhe a uma maior sensibilidade aos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** cidade sensível à água, gestão integrada de recursos hídricos, metabolismo urbano.

## ABSTRACT

Urban planning integrated to water resources is still not widespread in cities, although it is necessary, considering that urban systems rely, mostly, on a single source of water supply, usually outside their boundaries. Campina Grande, a medium-sized city in the Brazilian semi-arid, object of study of this dissertation, is an expression of this disarticulation, having, historically, experienced crises related to the water availability for its various urban uses. The aim of this work is to present possibilities of increasing urban sensitivity in relation to water resources, from the understanding of urban metabolism and the impacts of space production on this metabolism. Two analyzes of the urban space were carried out: the first is related to the hydrological performance, in which the water diversification potentials are raised by developing quantitative indicators and by the generation of possible scenarios for diversification; the second refers to the space production, in which a historical survey of the access conditions to water in the studied city is carried out. The space production process is verified, and the impact of this process on the water resources. In more detail, it is noted the correlations between the agents and the spatial transformations, in order to identify the associations that command these transformations, being the object of this analysis Catolé neighborhood, due to the expressive spatial transformations that it presented in the last 20 years. Results showed a potential of 243.60% for diversification by using rainwater, and 68.90% by reusing wastewater. Also, by the combination of possibilities of water diversification, the supply system, which is currently fully centralized, could have this centralization reduced to 57.19%. Therefore, the importance of the municipality's role in the management of water resources is emphasized. However, the analysis carried out in Catolé reveals a growing decrease in the role of the state, as a regulator of space processes. Real-Estate Developers and landowners condition spatial dynamics to their speculative interests. This situation makes it difficult to improve urban hydrological performance. Finally, guidelines indicating possible measures to be adopted in the city to direct it to a greater sensitivity to water resources are presented.

**Keywords:** water sensitive city, integrated water resources management, urban metabolism.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do processo de urbanização desarticulado aos recursos hídricos	17
Figura 2: Planejamento urbano sensível aos recursos hídricos. ....	20
Figura 3: Metabolismo linear. ....	23
Figura 4: Metabolismo circular. ....	23
Figura 5: Diagrama esquemático das etapas metodológicas. ....	30
Figura 6: Intensidade de participação dos agentes no processo de produção do espaço	37
Figura 7: Bacia do Rio Paraíba, Açudes Epitácio Pessoa e Acauã, Campina Grande e rede hidrográfica sob a influência de sua drenagem urbana.....	40
Figura 8: Evolução populacional de Campina Grande .....	41
Figura 9: Malha urbana de Campina Grande na década de 1960 e suas indústrias.....	46
Figura 10: Risco de desabastecimento de água e corpos hídricos de Campina Grande.	50
Figura 11: Uso do solo do bairro do Catolé.....	51
Figura 12: Situação do Catolé segundo o Plano Diretor Municipal.....	52
Figura 13: Exemplos de equipamentos urbanos presentes no Catolé.....	53
Figura 14: Alguns edifícios de grande porte instalados no Catolé .....	54
Figura 15: Edifícios em construção no Catolé.....	54
Figura 16: Ocupações informais no Catolé. ....	55
Figura 17: Representação dos fluxos hídricos anuais da cidade de Campina Grande. ..	56
Figura 18: Distribuição de poços e cisternas na cidade de Campina Grande.....	59
Figura 19: Distribuição da densidade populacional na cidade de Campina Grande. ....	61
Figura 20: Agentes produtores do espaço do Catolé .....	64
Figura 21: Intervenções urbanas no Catolé na década de 1970.....	64
Figura 22: Intervenções urbanas no Catolé na década de 1980.....	65
Figura 23: Favela Pedreira do Catolé na década de 1980.....	66
Figura 24: Ocupação do bairro do Catolé em 1982.....	67
Figura 25: Intervenções urbanas no Catolé na década de 1990.....	68
Figura 26: Intervenções urbanas no Catolé na década de 2000.....	69
Figura 27: Intervenções urbanas no Catolé na década de 2010 - atual.....	70
Figura 28: Ocupação do bairro do Catolé em 2017.....	72
Figura 29: Intensidade de ações dos agentes produtores do espaço no Catolé.....	73
Figura 30: Oportunidades de contribuição ao aumento da sensibilidade aos recursos hídricos em Campina Grande. ....	78
Figura 31: Variação de centralização do sistema de acordo com os cenários simulados	82
Figura 32: Balanço de entradas e saídas de fluxos para os cenários simulados .....	82
Figura 33: Volume anual economizado do sistema centralizado de acordo com os cenários simulados.....	82

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Produtores do espaço urbano e seus segmentos .....	28
Quadro 2: Vazões aduzidas à área urbana .....	32
Quadro 3: Vazões de águas residuárias dos interceptores da área urbana.....	32
Quadro 4: Indicadores de desempenho hidrológico .....	33
Quadro 5: Síntese de cenários simulados .....	38
Quadro 6: Taxa de ocupação máxima e índice de aproveitamento da Zona de Recuperação Urbana.....	52
Quadro 7: Síntese dos fluxos hídricos da cidade de Campina Grande – PB .....	56
Quadro 8: Resumo de indicadores calculados .....	62
Quadro 9: Síntese dos resultados simulados para os cenários.....	80

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	13
CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
2.1 O PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS .....	17
2.2 METABOLISMO URBANO .....	21
2.3 PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO .....	27
CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	30
3.1 CONDIÇÕES DE DESEMPENHO HIDROLÓGICO .....	31
3.1.1 <i>Aplicação do método do Metabolismo Urbano</i> .....	31
3.1.2 <i>Cálculo dos indicadores de desempenho hidrológico</i> .....	33
3.2 AS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E OS IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS.....	35
3.2.1 <i>Resgate histórico das condições de acesso a águas urbanas</i> .....	35
3.2.2 <i>Processos espaciais, agentes e grupos hegemônicos</i> .....	36
3.3 INDICAÇÃO DE POSSÍVEIS MEDIDAS .....	37
3.3.3 <i>Desempenho hidrológico urbano: limitações e oportunidades</i> .....	37
CAPÍTULO 4: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	40
4.1 ASPECTOS GERAIS.....	40
4.2 O DESENVOLVIMENTO URBANO DE CAMPINA GRANDE E SUA RELAÇÃO COM A ÁGUA: UM BREVE HISTÓRICO .....	42
4.3 O BAIRRO CATOLÉ .....	50
CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
5.1 FLUXOS HÍDRICOS CALCULADOS .....	56
5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO HIDROLÓGICO .....	57
5.2.1 <i>Centralização do sistema de água</i> .....	57
5.2.2 <i>Potencial de precipitação para abastecimento de água</i> .....	59
5.2.3 <i>Potencial de águas residuárias para abasteciment</i> .....	60
5.3 DENSIDADE POPULACIONAL.....	60
5.5 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO DO BAIRRO DO CATOLÉ .....	62
5.6 DIRETRIZES AO AUMENTO DA SENSIBILIDADE URBANA AOS RECURSOS HÍDRICOS.....	73
5.6.1 <i>Uso descentralizado de água de chuva</i> .....	73
5.6.2 <i>Reúso descentralizado de água residuária</i> .....	74
5.6.3 <i>Parcerias com a indústria</i> .....	75
5.6.4 <i>Intervenções em novos empreendimentos habitacionais</i> .....	75

5.6.5 <i>Medidas legais para adaptação de edificações existentes</i> .....	76
5.6.6 <i>Controle da ocupação do solo</i> .....	77
5.7 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO HIDROLÓGICO .....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87

## CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A gestão eficiente das águas na escala municipal é uma necessidade premente, tendo em vista as graves implicações relacionadas ao crescimento da demanda de água para o exercício das mais diversas atividades, à dependência das cidades de uma única fonte hídrica que, de modo geral, se encontra externa aos limites urbanos, e ao comprometimento de sua qualidade, decorrente do aumento do lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Paralelamente a esta questão, o processo de ocupação do solo, muitas vezes desarticulado ao gerenciamento dos recursos hídricos, acarreta inúmeros prejuízos aos ambientes natural e urbano, podendo gerar, entre outros impactos, sobrecarga das infraestruturas, deficiência no acesso aos serviços e aumento da impermeabilização do solo. Além disso, o aumento da frequência de eventos extremos (cheias e secas), observados em vários países do mundo, assim como a redução da precipitação (IPCC, 2014), reforçam a necessidade de adoção de sistemas de gerenciamento de recursos adaptativos a incertezas e mudanças futuras, que orientem os processos de tomada de decisão (DESOUZA & FLANERY, 2013; VARADY *et al.*, 2013).

As consequências do acelerado processo de urbanização para os recursos hídricos não se atêm aos limites das cidades, pois os sistemas urbanos não são sistemas isolados, dependendo e impactando no uso da água além de seus limites jurisdicionais, ou seja, em toda a bacia hidrográfica na qual eles estão inseridos (SERRAO-NEUMANN *et al.*, 2017). Os aglomerados urbanos, além de demandar a água para o abastecimento urbano, geram efluentes decorrentes dos sistemas de esgotos e de drenagem de águas pluviais, o que impacta trechos das bacias que vão além dos limites urbanos, refletindo negativamente na sustentabilidade destas áreas.

Todos os impactos decorrentes da inadequada gestão dos recursos hídricos relacionados às demandas do meio urbano reforçam a urgência de articulações com vistas a uma integração entre os sistemas de planejamento urbano e de recursos hídricos, para que sejam capazes de promover sistemas urbanos dotados de maior *resiliência*<sup>1</sup>. No caso do Brasil, esta necessidade é justificada pelo fato de, além das questões referentes a um processo histórico de urbanização acelerada e precária, predominante para a maior

---

<sup>1</sup> Resiliência é compreendida, neste trabalho, como a capacidade que os sistemas urbanos possuem de preservar e/ou restaurar os seus recursos, mesmo diante de situações adversas.

parte das cidades brasileiras, haver despreparo e deficiências acentuados em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos. No contexto das cidades que integram o semiárido brasileiro, a associação dessas questões a prolongados períodos de estiagem culminam em recorrentes situações críticas relacionadas ao acesso à água.

A busca por novas abordagens relacionadas à gestão dos recursos hídricos que forneçam informações sobre uso e dependência de sistemas urbanos, pautados na redução da vulnerabilidade ao desabastecimento, torna-se uma necessidade cada vez mais evidente. Entre diversas alternativas, a avaliação do desempenho urbano para o aproveitamento dos recursos hídricos a partir do conceito de metabolismo urbano tem se apresentado como uma importante ferramenta de análise por considerar a cidade um sistema com fluxos de energia e materiais entre ela e o ambiente (RENOULF *et al.*, 2017). Na literatura, uma importante abordagem que faz uso deste conceito realiza uma associação entre ele e o planejamento urbano sensível aos recursos hídricos, estando este planejamento relacionado ao uso da água em suas máximas potencialidades (e.g. KENWAY *et al.*, 2011; FAROOQUI *et al.*, 2016; RENOULF *et al.*, 2016). Em nível nacional, as iniciativas de aplicação desses conceitos ainda são poucas (CONKE & FERREIRA, 2015; KENNEDY *et al.*, 2014; LORZ *et al.*, 2012).

Comumente, os estudos que envolvem a aplicação dos conceitos de metabolismo urbano e planejamento urbano sensível aos recursos hídricos consideram a análise de centros urbanos consolidados, verificando os potenciais de diversificação hídrica e suas principais limitações. Além disso, as abordagens de sensibilidade urbana aos recursos hídricos consideram ainda a integração dos corpos hídricos à paisagem urbana, e a avaliação de minimização de impactos nos sistemas de drenagem de águas pluviais. A abordagem aqui estabelecida faz uso destes conceitos considerando a dinâmica de organização espacial do meio urbano em Campina Grande – PB, visando, sobretudo, identificar os conflitos entre a ocupação do solo e os recursos hídricos sob a perspectiva do abastecimento de água. Por meio desta abordagem, analisa-se de que forma a produção do espaço altera o metabolismo urbano, a partir da identificação dos atores envolvidos no processo e de suas ações. A partir desta análise, foram feitas considerações de como o desempenho urbano pode ser melhorado, de modo a aproximar a cidade de uma maior sensibilidade aos recursos hídricos. Ainda, tendo em vista o contexto histórico referente à ocupação urbana, são identificados os principais entraves referentes à implementação das medidas sugeridas.

Campina Grande, cidade de médio porte localizada no semiárido brasileiro, se configura 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 a 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.

O objetivo geral deste trabalho é, portanto, apresentar alternativas para a ampliação da sensibilidade urbana em relação aos recursos hídricos, a partir da compreensão do processo de produção do espaço e do metabolismo urbano. Como objetivos específicos, foram trabalhados:

- ✓ Desenvolver indicadores de desempenho hidrológico para a área de estudo;
- ✓ Elaborar cenários a partir das possibilidades de melhoria de desempenho hidrológico identificadas;
- ✓ Analisar os conflitos entre a produção do espaço urbano e os recursos hídricos.

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo compreende as considerações iniciais, sendo apresentado o problema a ser trabalhado, os principais questionamentos que motivaram o estudo, os seus objetivos, e ainda uma apresentação do processo de construção do trabalho e sua organização.

O segundo capítulo compreende um levantamento da literatura que forneceu subsídios para o desenvolvimento desta dissertação, contemplando os assuntos de planejamento urbano sensível aos recursos hídricos, metabolismo urbano e produção do espaço.

A apresentação das etapas metodológicas realizadas é apresentada no capítulo três, onde é exposto o método utilizado para o cálculo dos fluxos hídricos urbanos, seguido do cálculo dos indicadores de desempenho hidrológico, geração de cenários, e análises referentes à produção do espaço.

O quarto capítulo apresenta a caracterização da área de estudo, contemplando os aspectos gerais a respeito da cidade de Campina Grande, seguida da identificação do processo de produção do seu espaço urbano e da relação deste processo com os recursos hídricos. Ainda, é apresentada uma caracterização do bairro do Catolé, que é o objeto de estudo da análise de produção espacial realizada na dissertação.

São apresentados no capítulo cinco os resultados obtidos e as discussões correspondentes, apresentando os fluxos hídricos urbanos calculados; os indicadores de desempenho hidrológico; a densidade populacional e suas implicações às infraestruturas urbanas; a análise da produção do espaço do bairro do Catolé, assim como a identificação dos conflitos desta produção com os recursos hídricos, a apresentação de diretrizes ao aumento da sensibilidade urbana em relação aos recursos hídricos, e cenários de melhoria do desempenho hídrico urbano.

Por fim, as considerações finais a respeito dos resultados obtidos são apresentadas no capítulo seis, destacando os pontos de maior relevância acerca da abordagem realizada, expondo, ainda, sugestões de novas pesquisas a serem desenvolvidas de modo a dar continuidade a esta.



## CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O PLANEJAMENTO URBANO SENSÍVEL AOS RECURSOS HÍDRICOS

O crescimento das áreas urbanas, impulsionado especialmente na segunda metade do século XX, trouxe consigo um comprometimento ao meio ambiente e desordem à exploração de recursos naturais. Isto porque este 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. A Figura 1 representa um processo tradicional referente à urbanização e sua relação com os recursos hídricos.

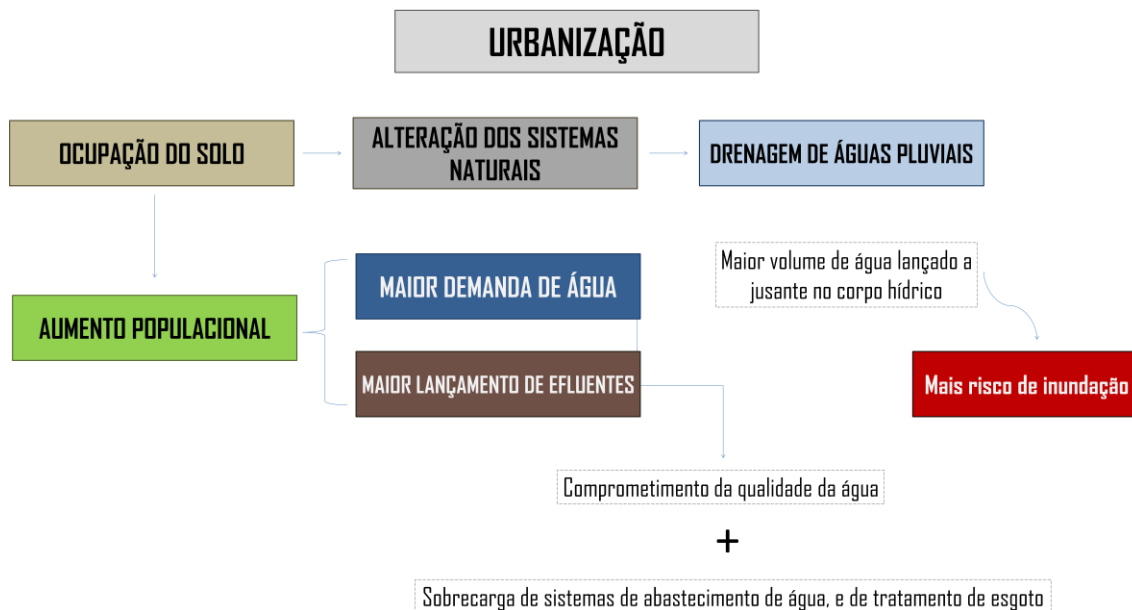


Figura 1: Fluxograma do processo de urbanização desarticulado aos recursos hídricos. Fonte: A autora

O crescimento das cidades acarreta efeitos 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 (ANTROP, 2004; HAASE, 2009). Além disso, tendo em vista esta situação, existe um desafio na gestão de 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 (BROWN *et al.*, 2009). Esta resiliência é explicada por Cutter *et al.* (2008) como um processo que permite o retorno à situação de “normalidade” de um sistema, aprimorando suas condições de adaptação, sendo ainda

uma característica dos sistemas que pode ser produzida ou forçada (SILVA *et al.*, 2012), estando diretamente relacionada à promoção de sustentabilidade urbana (HOGANN *et al.*, 2010). Tendo conhecimento de que a água é insumo das mais diversas atividades urbanas, existe uma necessidade urgente de promoção de resiliência desta urbanização à exploração dos recursos hídricos.

A gestão das águas em áreas urbanas envolve tanto o gerenciamento de recursos hídricos, quanto dos serviços de saneamento. No Brasil, cada um deles é regido por diferentes arranjos institucionais, sendo o primeiro orientado 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 e à drenagem de águas pluviais (BRASIL, 2007).

No contexto urbano, os sistemas de água e de saneamento compreendem uma estreita relação entre si, uma vez que a garantia do abastecimento urbano depende tanto da conservação dos recursos hídricos quanto da melhoria dos serviços de saneamento. Paralelamente a esta relação, a resposta para o aumento das pressões sobre os recursos hídricos nas áreas urbanas é, tradicionalmente, pautada nas expansões de oferta hídrica, que, na maioria das vezes, compreende a construção de grandes obras hidráulicas, o que implica uma preocupação não apenas do ponto de vista econômico, mas também ambiental.

Em relação à ocupação do solo, o Estatuto da Cidade, instituído pela Lei Federal 10.257, de 10 de julho de 2001, é um marco referente à política urbana, e apresenta instrumentos para corrigir as disparidades sociais decorrentes da ausência de organização do espaço urbano. A Lei estabelece normas de ordem pública para regular o uso da propriedade urbana em prol, dentre outras questões, do equilíbrio ambiental. Ainda, apresenta a competência aos municípios da elaboração do Plano Diretor, sendo este “*o instrumento normativo competente para definir a função social da propriedade para fins urbanísticos*” (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.

O conceito de cidade sensível à água apresenta viabilidade para a promoção de análises atuais e futuras de crises que são apresentadas nos centros urbanos, oferecendo subsídios para a otimização do uso da água e resiliência de cidades. O planejamento destas cidades envolve o suprimento das demandas hídricas urbanas em sua multiplicidade de usos por meio de uma gestão integrada, garantindo segurança hídrica e proporcionando uma eficiência no uso dos recursos.

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.” (WONG & BROWN, 2009).*

De acordo com Wong (2006), os princípios fundamentais do planejamento urbano sensível aos recursos hídricos são os apresentados e descritos na Figura 2. Este planejamento urbano visa promover melhores estratégias e práticas de conservação da água em ambientes urbanos. 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.

É importante ressaltar que o conceito de cidade sensível à água diz respeito também à questão de diversificação de fontes hídricas na área urbana, reduzindo a dependência centralizada de abastecimento de água, e aproveitando, em seu máximo potencial, toda a água que esteja nos limites urbanos (BROWN *et al.*, 2009). Isto significa que para a promoção dos princípios apresentados por Wong (2006), e tendo em vista a complexidade existente nos sistemas urbanos, é de fundamental importância

que haja articulações com vistas a uma gestão integrada de recursos hídricos (RENOULF & KENWAY, 2016).



Figura 2: Planejamento urbano sensível aos recursos hídricos. Fonte: Adaptado de Wong (2006)

O planejamento de cidades sensíveis à água diz respeito a uma visão para o manejo da água urbana que requer a transformação de sistemas de água, que de modo geral compreendem, basicamente, o abastecimento de água e disposição de águas residuais, para mais sistemas complexos e flexíveis que integrem várias fontes de água. Esses sistemas podem operar através de sistemas centralizados e descentralizados, oferecendo uma gama mais ampla de serviços para comunidades, a partir do reconhecimento de funções mais amplas da água no cenário urbano, estando relacionados à promoção de eficiência dos recursos (WONG & BROWN, 2009).

Uma das questões mais relevantes na abordagem do conceito de cidade sensível à água relaciona-se à necessidade de diversificação de oferta. Isto é justificado devido à vulnerabilidade de sistemas centralizados de abastecimento a alterações como mudanças climáticas e aumento da demanda, além dos riscos relacionados aos prolongados períodos de estiagem. Obviamente, existe uma complexidade relacionada a esta questão de diversificação, uma vez que parte-se de um sistema com uma única fonte hídrica com qualidade uniforme e destinada a todos os usos urbanos, para um sistema baseado em múltiplas fontes de diferentes qualidades e funções. Assim, passa a haver uma

necessidade de avaliação de segurança nesse novo contexto, de forma a maximizar as funcionalidades da água (RENOULF *et al.*, 2016).

O planejamento de 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 preexistentes (HAASE, 2009; RENOULF *et al.*, 2016).

Visto que as cidades são áreas consolidadas em relação à ocupação, e reconhecendo a existência de todos os desafios relacionados à promoção de um planejamento urbano associado à água, uma das questões a ser respondida é o quão “sensível” é e poderia ter sido a cidade, através de um uso mais racional dos recursos hídricos. Uma resposta possível a esta questão fundamenta-se no conceito de metabolismo urbano, apresentado no tópico seguinte.

## **2.2 METABOLISMO URBANO**

Data de 1883 a primeira abordagem do conceito de metabolismo urbano, realizada por Karl Marx para descrever as trocas de materiais e energia entre natureza e sociedade, como uma de suas críticas à industrialização (MARX, 1981). Muitos anos depois, este mesmo conceito foi explorado por Wolman (1965), por meio de uma reflexão em relação aos sistemas urbanos, que geram grandes impactos ao meio ambiente, atravessando suas fronteiras, em decorrência da forte pressão que eles exercem sobre os recursos naturais. Através de uma comparação aos processos que acontecem em um ecossistema, o autor tece conexões a respeito dos processos metabólicos urbanos de cidades americanas, identificando a insustentabilidade na utilização dos recursos e, conseqüentemente, a ineficiência do sistema.

Em síntese, o metabolismo urbano considera a cidade como um organismo em um ecossistema, que, ao mesmo tempo em que necessita de materiais e energia para o

seu funcionamento, tais como alimento e luz solar, também gera resíduos. A partir desta consideração, parte-se para a compreensão da relação entre o consumo de produtos e a geração de resíduos, definida como sendo o metabolismo do sistema. Por meio da análise do equilíbrio entre as partes, o sistema será considerado eficiente ou não. Assim, quanto maior seja a capacidade do sistema urbano de aproveitar os seus recursos em seu máximo potencial, diminuindo a pressão sobre estes tanto no ambiente interno quanto nos ambientes externos que o sustentem, maior será a sua eficiência.

A teoria do metabolismo urbano passou a ser objeto de estudo de pesquisadores de todo o mundo, como modo de fornecer suporte aos governos locais na identificação dos principais problemas das cidades relacionados com os recursos naturais, assim como nas propostas de soluções na contribuição para a resiliência das cidades. Apesar de a abordagem ser antiga, o conceito passou a ser melhor explorado no início do século XXI. Estes estudos surgiram como uma resposta às mudanças socioeconômicas que impulsionaram diversas alterações no ambiente urbano, a exemplo do aumento populacional nas cidades, e consequente aumento da demanda por recursos naturais e geração de resíduos (ZHANG, 2013).

Os estudos relatam que diante do fato de haver um crescimento rápido e desordenado de uma cidade, desarticulado da gestão ambiental, são geradas consequências severas ao meio ambiente como, o esgotamento de recursos, a poluição e os danos ecológicos, sendo estes problemas uma consequência da desordem do metabolismo urbano (WOLMAN, 1965; BRUNNER, 2007; KENNEDY *et al.*, 2010). Desse modo, Wolman (1965) apresenta o chamado metabolismo linear, pautado na demanda por recursos, utilização e descarte dos resíduos, ou seja, analisa as entradas e saídas de materiais do sistema urbano (Figura 3). Já diante da perspectiva de Girarted (1990) o metabolismo circular apresenta uma maior eficiência para o sistema, uma vez que proporciona uma melhor utilização dos recursos, através de seu reaproveitamento dentro da cidade (Figura 4), isto porque, ao contrário dos sistemas lineares, as cidades também podem ser se apresentar como locais de reservas de recursos e produtores de recursos secundários (AGUDELO-VERA *et al.*, 2012).



Figura 3: Metabolismo linear. Fonte: A autora com base na descrição de Wolman (1965)

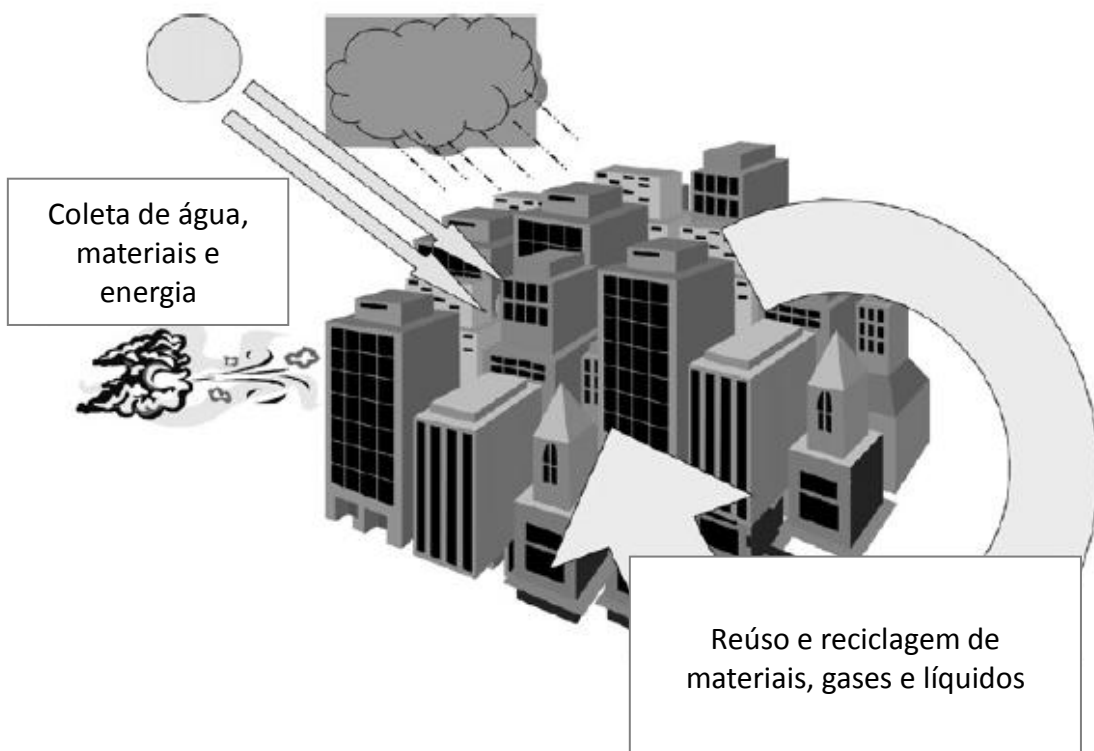


Figura 4: Metabolismo circular. Fonte: Adaptado de Agudelo-Vera (2012)

Os estudos desenvolvidos passaram a avaliar os diversos fluxos de materiais utilizados na área urbana, sejam esses materiais energia, água, nutrientes, carbono e resíduos (e.g. KENNEDY *et al.*, 2011; KENWAY *et al.*, 2011; CHRYSOULAKIS *et al.*, 2013; PINCELT *et al.*, 2013; KENNEDY *et al.*, 2015). Aqui, merecem destaque as pesquisas desenvolvidas com a proposta de analisar o desempenho hidrológico no

processo de planejamento urbano e regional, com a finalidade de prover uma melhor integração entre o planejamento do uso do solo associado ao uso racional dos recursos hídricos, avaliando a eficiência metabólica das cidades.

A água é matéria de diversas atividades urbanas, e na medida em que as cidades crescem, aumenta também a demanda por água potável e a geração de efluentes. Além disso, a ocupação do solo desconectada da gestão ambiental costuma alterar os sistemas naturais preexistentes, modificando as infraestruturas naturais, como, por exemplo, alterando a topografia, canalizando cursos de água, retirando a vegetação, o que afeta os processos hidrológicos. Os estudos de metabolismo urbano, com foco na compreensão do comportamento dos fluxos hídricos e na medição do desempenho do sistema, se apresentam como uma importante ferramenta para o planejamento de cidades, visando torná-las mais resilientes e sustentáveis em relação aos recursos hídricos, além de auxiliar os processos de tomada de decisão.

Em síntese, o metabolismo urbano calcula o balanço de fluxos hídricos que entram e saem de uma determinada área urbana, que é definido como seu metabolismo, tornando possível medir o desempenho do sistema urbano em relação ao uso da água. Dessa forma, uma área urbana metabolicamente eficiente em relação à água é aquela que se comporta como um sistema natural, aproveitando a água em suas máximas funcionalidades, reduzindo o desperdício, e adotando medidas de reciclagem (RENOULF *et al.*, 2016). De acordo com Renoulf & Kenway (2016), a abordagem do metabolismo urbano que se baseia no balanço da massa de água é um método básico para gerar informações sobre os objetivos atuais para o uso direto de água urbana, com potencial para ser utilizado conjuntamente a outras abordagens.

Kenway *et al.* (2011) formalizaram um quadro sistemático de equilíbrio de massa para fazer a quantificação dos fluxos naturais e antrópicos dentro e fora do limite urbano de quatro centros urbanos australianos, calculando indicadores de desempenho quantitativo para as áreas estudadas, através dos quais foi analisado seu potencial de diversidade hídrica. Cabe ressaltar que estudos desta natureza passaram a ser bastante realizados na Austrália devido às severas consequências vivenciadas pelas cidades diante da escassez hídrica enfrentada durante a Seca do Milênio, ocorrida no final do Século XX.



Farooqui *et al.* (2016) também realizaram um balanço hídrico urbano para abordar novas opções de manutenção da água e segurança da oferta, a partir da consideração dos fluxos hidrológicos e antrópicos. Para isto, os autores avaliaram como o uso de fontes alternativas, especificamente a coleta de água de chuva e o aproveitamento de água residuária, em diferentes escalas, influenciam o metabolismo urbano, constatando que esta adoção influencia a eficiência do uso da água e o desempenho hidrológico da área urbana.

Também, considerando o cálculo de indicadores para avaliação de cidades, Keneddy *et al.* (2014) reuniram uma série de informações sobre megacidades, partindo de dados sobre seus limites espaciais, população economia, suas características físicas, como clima e densidade populacional, assim como sobre os seus fluxos metabólicos. Os autores ainda abordaram o papel dos serviços públicos na prestação dos serviços e ações regulatórias, analisando de que forma os mesmos podiam influenciar ou controlar o metabolismo urbano. É possível observar que a ferramenta de avaliação possui ampla aplicação, em que, partindo de uma quantificação de fluxos, são tecidas discussões a respeito do gerenciamento dos recursos, não limitando as possibilidades de análises a partir do metabolismo urbano.

O desenvolvimento de indicadores se apresenta como uma possibilidade conveniente de avaliar cidades. Neste sentido, van Leeuwen *et al.* (2012) desenvolveram um conjunto de indicadores baseados no conceito de metabolismo urbano, divididos em oito categorias, como forma de compreender e de enfrentar os desafios da gestão da água urbana, envolvendo a análise de indicadores de segurança do fornecimento de água, qualidade da água superficial e subterrânea, água potável, saneamento, infraestrutura, ação climática, biodiversidade e governança. A abordagem apresentada pelos autores mostra uma reflexão a respeito da gestão integrada de recursos hídricos, fazendo considerações a respeito da implementação de ações para a concretização da mesma só ser possível mediante o envolvimento de todas as partes interessadas, como o poder público, a sociedade civil e as agências responsáveis pelo fornecimento e pelo gerenciamento da água.

O estudo de Pincetl *et al.* (2012) analisou o conceito de metabolismo urbano e apresentou um meio para expandir este conceito em uma plataforma que incorpora análise socioeconômica, análise de políticas e metodologias quantitativas. Esta estrutura

expandida do metabolismo urbano é baseada no conceito de metabolismo urbano tradicional para explicar a energia total e os fluxos de materiais das cidades, especialmente pelo fato das cidades dependerem de muitos recursos externos às suas áreas. Esta abordagem trás uma importante reflexão em relação aos impactos causados pelas cidades às áreas externas aos seus limites, pois as áreas urbanas demandam muitos recursos que, nem sempre, são supridos pela sua produção interna. Isto evidencia a necessidade de uma avaliação holística em relação às possibilidades de suprimento hídrico das cidades, e de sua capacidade de diversificação de fontes.

Pincetl *et al.* (2012) reforçam a necessidade de associação dos fluxos de materiais ao complexo conjunto de instituições, organizações e relações sociais que moldam e orientam as atividades econômicas, a política e as normas culturais. Segundo os autores, os padrões de uso dos recursos e as estruturas que os suportam estão associados ao poder, ao dinheiro, às políticas e às convenções institucionais, e isto distancia os sistemas urbanos dos sistemas naturais.

Renoulf *et al.* (2017) avaliaram as características "metabólicas" da gestão da água urbana, dividindo-as entre aquelas relacionadas à eficiência de recursos (para água e também energia e nutrientes relacionados à água), ao desempenho hidrológico urbano, à extração sustentável da água e ao reconhecimento das diversas funções da água. Por meio desta avaliação, os autores apresentam contribuições à melhoria do gerenciamento de recursos em áreas urbanas, como forma de alcançar maior sustentabilidade. Dessa forma, o metabolismo urbano se apresenta como um caminho viável a discussões em relação à eficiência do uso da água nas cidades, descrevendo orientações, a partir de suas análises, a respeito das possibilidades de melhoria do desempenho hidrológico urbano.

A aplicação do conceito de metabolismo urbano se mostra 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. Os estudos mencionados avançam na avaliação de cidades, da sua relação com os recursos hídricos e sua gestão sustentável, servindo como contribuição à promoção de cidades sensíveis à água. É possível observar ainda que o conceito de metabolismo urbano se apresenta como uma metodologia de análise primária da gestão da água urbana,

partindo de uma quantificação dos fluxos hídricos, e tecendo considerações a respeito das diversas formas da melhoria do desempenho hidrológico de cidades.

### **2.3 PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO**

A produção do espaço diz respeito à produção de novos ou renovados sistemas e estruturas de usos, apropriações, domínios, organizações e transformações do espaço, reais, representacionais ou imaginários, gerada e condicionada pelo modo de produção dominante. Este, ao mesmo tempo em que organiza as estruturas econômicas, produz certas relações sociais, seu espaço e seu tempo (Lefebvre, 1974). Diversos fatores condicionam, de modo dinâmico, esta produção e implicam nos processos espaciais e nas formas com as cidades são estruturadas e transformadas, como o crescimento populacional, os condicionantes físico-ambientais, os regimes de propriedade fundiária, as regulações urbanística e ambiental entre muitos.

Entende-se por espaço urbano o conjunto de diferentes usos da terra, sendo eles justapostos entre si, sendo estes usos os definidores de áreas, como, por exemplo, o centro da cidade, ambientes de realização de atividades profissionais, áreas residenciais, industriais e de lazer, onde o conjunto de usos da terra é a organização espacial da cidade ou o espaço urbano fragmentado (CORRÊA, 2016).

O espaço urbano é transformado por diferentes agentes sociais. Historicamente, os agentes sociais concretos tem ação sobre a produção do espaço urbano, sendo esta produção um resultado dos interesses, estratégias e práticas destes agentes, ocasionando conflitos e contradições entre eles e com outros segmentos da sociedade. O ambiente construído é, portanto, resultado da materialização dos processos sociais desses agentes, sendo este ambiente a rede urbana ou o espaço intra-urbano.

De acordo com Miranda (2008), os agentes produtores do espaço urbano ocupam diferentes posições tanto na produção quanto na distribuição de riqueza acumulada da cidade, disputando acesso diferenciado a determinados bens, serviços e equipamentos, permitindo a apropriação de riquezas, rendas e a reprodução material e simbólica diferenciada, possuindo diferentes interesses pelo solo urbano.

Entre os agentes destacados como produtores do espaço urbano por Corrêa (2012) destacam-se:

- a) Os proprietários dos meios de produção, sobretudo os grandes industriais;
- b) Os proprietários fundiários;
- c) Os promotores imobiliários;
- d) O Estado;
- e) Os grupos sociais excluídos.

De acordo com o autor, cada um desses produtores está relacionado um tipo de segmento, conforme apresentado no Quadro 1.

*“A partir da ação deles o espaço é produzido, impregnado de materialidades como campos cultivados, estradas, represas e centros urbanos com ruas, bairros, áreas comerciais e fabris, mas também de significados diversos, como aqueles associados à estética, status, etnicidade e sacralidade” (CORRÊA, 2016).*

Quadro 1: Produtores do espaço urbano e seus segmentos

<b>Produtor do espaço</b>	<b>Segmento</b>
Proprietários dos meios de produção	Grandes empresas industriais e de serviços
Promotores imobiliários	Loteadores, construtoras e incorporadoras; corretores imobiliários
Proprietários fundiários	Proprietários de terras
Estado	Noções das três esferas governamentais (federal, estadual e municipal)
Grupos sociais excluídos	Aqueles que não possuem renda para pagar aluguel ou possuir um imóvel

Fonte: Adaptado de Corrêa (2012)

Existe uma evidente relação entre a ação e os interesses dos referidos agentes e a produção do espaço, sendo estas ações determinantes sobre a forma do urbano. De acordo com Carlos (2006), historicamente, o processo de produção do espaço possui uma latente relação com o desenvolvimento capitalista, onde o espaço apresenta-se como um produto, dotado de valor de uso e de troca.

Carlos (2006) explica que a ação dos *Promotores Imobiliários*, somada às estratégias do sistema financeiro, define o processo de produção e reprodução espacial por meio da fragmentação dos espaços vendidos e comprados no mercado. Ainda, o

*Estado*, enquanto representação do poder local, intervém neste processo, reforçando a hierarquia dos lugares e criando novas centralidades na cidade.

O *Estado* enquanto agente da produção espacial possui uma diversidade de funções, interferindo direta ou indiretamente nesta produção por meio de suas ações. Dentre suas funções neste processo, é possível destacar: a criação de políticas públicas, os processos de planejamento, a criação de leis e regulações do solo urbano, a construção de recursos, como vias e infraestruturas, e ainda por meio da promoção imobiliária (BOTELHO, 2007; CORRÊA, 2012).

As intervenções do *Estado* no solo urbano são capazes de condicionar ativamente o preço da terra e a sua valorização, a partir do direcionamento de investimentos a infraestruturas e equipamentos (ALMEIDA, 1989). Lefebvre (2002) afirma que o *Estado*, enquanto responsável pelo planejamento urbano, modela a cidade para atender aos interesses de determinados grupos.

O urbano é, portanto, o resultado dos diferentes interesses da sociedade, sendo a materialização das relações sociais. No entanto, é importante ressaltar que a cidade, apesar de ser um fruto das ações humanas pautadas em seus interesses e relações, não deixa de ser parte do espaço natural e de estar submetida aos processos da natureza (SPOSITO, 2001).

A compreensão da ocupação do espaço natural e de sua transformação como espaço urbano se configura como uma ferramenta de busca ao entendimento não só dos impactos gerados ao ambiente natural em decorrência da urbanização, mas, sobretudo, de quais as intervenções possíveis de realização de modo a proporcioná-lo um maior equilíbrio. No contexto da sensibilidade urbana aos recursos hídricos, este equilíbrio relaciona-se à aproximação da cidade do ambiente natural, na medida em que a produção de seu espaço seja pautada numa manutenção da preservação deste ambiente natural, especialmente relacionado aos recursos hídricos. A ação dos diferentes agentes produtores do espaço urbano é determinante na busca ou no distanciamento deste equilíbrio, visto que a ocupação do espaço é pautada nos seus interesses.

### CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em relação à metodologia, este trabalho configura-se como de natureza quali-quantitativa e parte de uma **avaliação do desempenho urbano para a melhoria do aproveitamento dos recursos hídricos**, sendo analisadas as **condições de desempenho hidrológico** da cidade, assim como a sua **dinâmica e organização espacial**. Para o desenvolvimento desta metodologia, parte-se do pressuposto que é possível promover um planejamento e uma gestão mais sensíveis aos recursos hídricos, articulando processos de planejamento integrado que incorporem a regulação das ações dos agentes públicos e privados relacionadas ao uso e ocupação do solo urbano. No âmbito municipal é possível contribuir com a otimização da gestão dos recursos hídricos por meio de medidas que promovam a melhoria do desempenho do metabolismo urbano. O trabalho foi desenvolvido a partir dos procedimentos metodológicos descritos na Figura 5, sendo estes detalhados a seguir.

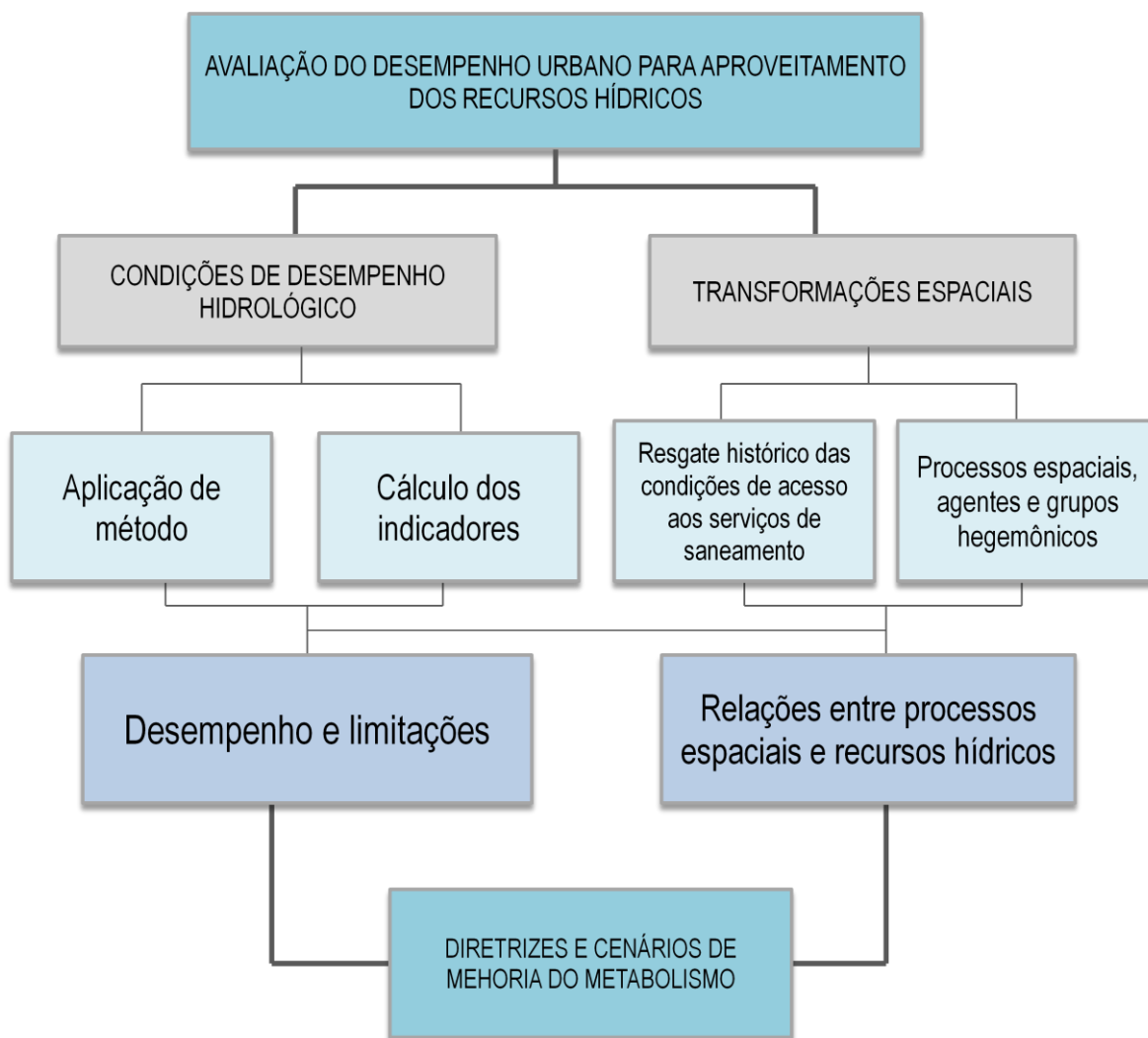


Figura 5: Diagrama esquemático das etapas metodológicas. Fonte: A autora

### 3.1 CONDIÇÕES DE DESEMPENHO HIDROLÓGICO

#### 3.1.1 Aplicação do método do Metabolismo Urbano

Para a realização desta etapa, foi considerada a metodologia apresentada por Kenway *et al.* (2011), já mencionada anteriormente, que desenvolveram um conjunto de indicadores quantitativos de desempenho hidrológico para quatro diferentes centros urbanos australianos. Nesta pesquisa foi aplicada a metodologia dos citados autores de modo a considerar apenas os fluxos potenciais da área de estudo. A abordagem realizada tece conexões entre as possibilidades de diversificação hídrica na cidade e os processos espaciais. A partir disso, são identificadas as dificuldades e oportunidades que direcionem a cidade ao aumento de sua sensibilidade em relação aos recursos hídricos.

A aplicação original do método formaliza um balanço de água urbana, através da quantificação dos fluxos naturais e antrópicos para dentro e fora do ambiente urbano, conforme apresentado na Equação 1.

$$\Delta S = (S_{t_1} - S_{t_2}) = Q_i(t_1 - t_2) - Q_o(t_1 - t_2) \quad \text{Eq. 1}$$

Na Equação 1,  $\Delta S$  é a variação de armazenamento de volume de água dentro do limite do sistema, medida como a diferença entre a água armazenada dentro do sistema (B) pelo tempo inicial ( $S_{t_1}$ ) e algum tempo seguinte ( $S_{t_2}$ ). É importante notar que  $\Delta S$  também é igual à diferença no volume total de entradas ( $Q_i$ ) e saídas ( $Q_o$ ) no sistema,  $Q_i(t_1 - t_2)$  e  $Q_o(t_1 - t_2)$ , em relação ao mesmo tempo. Estas diferenças são melhor representadas pela Equação 2.

$$\Delta S = C + D + P - (W + R_s + G + ET) \quad \text{Eq. 2}$$

Na Equação 2, C representa os fluxos centralizados ou água importada para a área urbana, tais como água superficial, subterrânea ou de dessalinização. D representa os fluxos descentralizados, como fontes subterrâneas ( $D_G$ ) e água de chuva ( $D_R$ ). P representa a precipitação, incluindo chuva, neve e orvalho. W é a descarga de águas residuárias.  $R_s$  são as águas pluviais. G representa os fluxos subterrâneos e ET, a evapotranspiração.

A escala temporal selecionada para a análise foi a anual. A coleta das informações referentes aos fluxos hídricos descritos na Equação 2 foi realizada conforme descrição a seguir.

### a) Precipitação e evaporação

Foram considerados os dados fornecidos pela *Estação Climatológica Principal* – EMBRAPA/CG, com série de 1986 a 2016.

### b) Fluxo centralizado de água

Foram consideradas as vazões que chegam à área urbana a partir do sistema de abastecimento de água, através das três adutoras de distribuição de água tratada, conforme dados fornecidos por Meneses (2011), apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Vazões aduzidas à área urbana

Unidade Operacional	Adutora	Vazão
EEAT – 1	DN 500	180 L. s <sup>-1</sup>
EEAT – 1	DN 700	395 L. s <sup>-1</sup>
EEAT – 2	DN 800	386 L. s <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado de Meneses (2011)

Cabe ressaltar que esta informação não diz respeito à demanda de água pelos diferentes usuários urbanos, e sim ao que a cidade, efetivamente, recebe. Também não são consideradas as perdas do sistema de distribuição.

### c) Descarga de águas residuárias

Foram consideradas as vazões dos dois interceptores da área urbana: interceptor *Depuradora* e interceptor *Bodocongó*, apresentados no Quadro 3. Deste modo, a informação gerada compreende o volume que deveria chegar à Estação de Tratamento de Esgotos, envolvendo o seu potencial máximo de recepção de efluentes.

Quadro 3: Vazões de águas residuárias dos interceptores da área urbana

Interceptor	Vazão
Depuradora	495 L. s <sup>-1</sup>
Bodocongó	167 L. s <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado de PMSB – CG (2015)

### d) Fluxo descentralizado de água subterrânea

Para este componente, foram considerados os dados de outorga de usuários de poços na área urbana da cidade estudada (AESAs, 2017). Cabe ressaltar que este fluxo



não se apresenta como um potencial hídrico para a área analisada, uma vez que a mesma está localizada sobre a rocha cristalina e, de acordo com Feitosa e Diniz (2011), “*nestas rochas a água subterrânea ocorre em sistemas interconectados de fendas, fraturas e descontinuidades, formando reservatórios descontínuos, aleatórios e com extensões limitadas*”. Deste modo, este fluxo é considerado para o cálculo dos indicadores que envolvem a consideração de fluxos descentralizados, no entanto não são realizadas discussões a respeito de melhorias do desempenho metabólico da cidade por meio de sua aplicação, por não ser considerado, neste trabalho, como um potencial de diversificação hídrica.

### 3.1.2 Cálculo dos indicadores de desempenho hidrológico

Com base na identificação dos fluxos hídricos apresentados na Equação 2 e descritos no tópico 3.1.1, foram calculados os indicadores de desempenho hidrológico da área urbana analisada, conforme apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Indicadores de desempenho hidrológico

Indicador	Método	Fórmula
<i>População</i> Densidade populacional (pessoas/km <sup>2</sup> )	População/área	Pop/A
<i>Balanco de entradas e saídas</i> Entradas/Saídas	Total de entradas/Total de saídas	(Qi/Qo)*100
<i>Centralização do sistema de água</i> Fornecimento centralizado (%)	Fornecimento centralizado/uso total da água	[C/(C + D)]*100
Chuvas coletadas (%)	Fontes descentralizadas/precipitação	(D/P)*100
<i>Potencial de precipitação para abastecimento de água</i> Substituição do fornecimento centralizado (%)	Precipitação/Fornecimento centralizado	(P/C)*100
<i>Potencial de águas residuárias para abastecimento de água</i> Substituição do fornecimento centralizado (%)	Fluxo de águas residuárias/centralização de águas servidas	(W/C)*100

GL = gigalitros (1 GL = 10<sup>9</sup>L); Km<sup>2</sup> = quilômetros quadrados; Pop = população; C = abastecimento centralizado; D = abastecimento descentralizado; W = esgotos; P = precipitação; Rs = águas pluviais

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

A aplicação da metodologia de Kenway *et al.* (2011) prevê ainda o cálculo de um indicador referente ao *Potencial de águas de descarga pluvial para abastecimento de água*, no entanto este indicador não foi considerado nesta pesquisa, devido às dificuldades relacionadas à quantificação dos fluxos de drenagem urbana na cidade, assim como à abordagem pretendida neste trabalho, que não diz respeito a uma aplicação fiel da metodologia mencionada, mas a usa como suporte à geração de informações pertinentes às análises pretendidas. O cálculo dos indicadores foi realizado

conforme exposto no Quadro 4. Para cada indicador, o resultado foi obtido conforme apresentado a seguir.

#### **a) População**

Tendo como base a informação referente à população urbana da área de estudo (IBGE, 2010), assim como a área urbana, expressa em quilômetros quadrados, foi calculada a densidade populacional, conforme apresentado no Quadro 4. Importante ressaltar que a densidade média proposta pela metodologia dos mencionados autores não representa as diferentes densidades da cidade. Densidades muito baixas subutilizam as infraestruturas da cidade, e em contrapartida, densidades mais elevadas as sobrecarregam. Portanto, além da densidade média, são analisadas diferentes densidades da cidade no contexto do planejamento urbano sensível aos recursos hídricos.

#### **b) Balanço de entradas e saídas**

Reflete a diferença entre os fluxos centralizados e descentralizados que chegam anualmente à área urbana analisada (tais como, por exemplo, água do sistema de abastecimento, precipitação e água subterrânea) e os fluxos que saem (tais como, por exemplo, águas residuárias e evaporação).

#### **c) Centralização do sistema de água**

Este indicador expressa o nível de dependência do sistema de uma única fonte hídrica, e quanto maior for a diversificação de fontes da área analisada, menor será o valor do indicador. O indicador compreende um valor que pode variar de 1 a 100, em que quanto mais próximo de 100, maior será a centralização do sistema.

#### **d) Potencial de precipitação para abastecimento de água**

O potencial de substituição do fornecimento centralizado compreende a análise da precipitação que cai na área urbana em relação à água entregue à população através do sistema de abastecimento de água centralizado. Este indicador objetiva fornecer informação referente à capacidade da cidade em diversificar seu abastecimento de água através da captação de água de chuva. Também é considerado o cálculo do indicador em relação à soma dos fornecimentos centralizado e descentralizado de água, quando existente este último.

### **e) Potencial de águas residuárias para abastecimento de água**

Em relação às águas residuárias, o indicador expressa o potencial de substituição do fornecimento de água pelo sistema centralizado. Deste modo, é considerada a vazão que, teoricamente, chega às Estações de Tratamento de Esgotos da área de estudo, expressando, quantitativamente, este potencial.

Por se tratar de indicadores quantitativos, os mesmos servem como base para as análises que serão descritas nas etapas metodológicas a seguir.

## **3.2 AS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E OS IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS**

A análise das transformações espaciais e dos seus impactos sobre os recursos hídricos se configuram como uma etapa de análise do processo de produção do espaço da área de estudo, com foco na compreensão de como se deu a relação da cidade com a água ao longo de sua ocupação. Para isto, foi realizado um **resgate histórico das condições de acesso a águas urbanas** da cidade analisada, e por fim, foi realizada uma análise dos **processos espaciais, agentes e grupos hegemônicos**, a partir de um bairro da cidade, onde são identificados os **conflitos entre o uso do solo e os recursos hídricos**. Esta etapa é realizada por considerar necessária a identificação e avaliação das ações dos agentes responsáveis pela modificação do espaço urbano, destacando possibilidades e limitações em direção ao alcance de uma cidade mais sensível aos recursos hídricos.

### ***3.2.1 Resgate histórico das condições de acesso a águas urbanas***

O resgate das condições de acesso à água foi realizado a partir da identificação dos marcos relativos à urbanização de Campina Grande e a partir disso, buscou-se identificar de que forma a cidade, historicamente, se relaciona com os recursos hídricos, como se deu o acesso à água pela população, quais as soluções adotadas para atender ao crescente aumento das demandas ao longo do tempo, e quais as medidas referentes ao planejamento urbano que possuíram ou possuem repercussão sobre os recursos hídricos. Esta etapa metodológica está contemplada no Capítulo 4, que diz respeito à *Caracterização da área de estudo*.

### ***3.2.2 Processos espaciais, agentes e grupos hegemônicos***

A promoção de uma maior sensibilidade urbana em relação aos recursos hídricos é possível mediante uma gestão integrada, e que seja capaz de envolver, dentre outros, o processo de planejamento de ocupação do solo aos usos requeridos da água. No caso de espaços urbanos consolidados, existe uma dificuldade relacionada à implementação de medidas que sejam capazes de mitigar os efeitos negativos da urbanização em relação à pressão exercida sobre os recursos hídricos.

A etapa visa identificar como se deu o processo de organização espacial e a relação da urbanização com a água ao longo do tempo. São identificados os agentes responsáveis por este processo, os principais conflitos relativos ao uso do solo e recursos hídricos, assim como as oportunidades que foram aproveitadas ou não para promover o aumento da sensibilidade urbana à água. Para tanto, foi selecionado o bairro do Catolé (será caracterizado no Capítulo 4). Considerou-se o recorte temporal a partir da década de 1970 até o período atual (2018). Este recorte temporal se deu por considerar que os primeiros marcos referentes a alterações significativas no bairro tiveram início na década de 1970. A seleção da área considerou que o referido bairro é representativo de um processo dinâmico de urbanização, especialmente no que se refere a uma verticalização pouco regulada e o conseqüente adensamento fragmentado. Além disso, o Catolé se apresenta como interessante objeto de estudo para identificação dos conflitos relativos aos recursos hídricos em decorrência dos processos urbanos.

Para a compreensão do processo de produção do espaço foi realizado um mapeamento dos agentes responsáveis por este processo, a partir do levantamento dos marcos referentes à urbanização do bairro do Catolé. Este mapeamento compreendeu ainda a identificação da intensidade das ações dos referidos agentes na transformação do território. Esta intensidade foi atribuída considerando o impacto das ações dos diferentes agentes sociais sobre a produção do espaço na perspectiva das transformações do ambiente natural, e de que modo estas transformações comprometeram (positiva ou negativamente) a sensibilidade hídrica em relação ao abastecimento de água. A partir da identificação desta intensidade, são apresentadas discussões a respeito da relação entre as ações dos diferentes agentes produtores do espaço e a água. A intensidade das ações dos agentes é representada pelo tamanho do círculo em que estejam inseridos, conforme descreve a Figura 6.

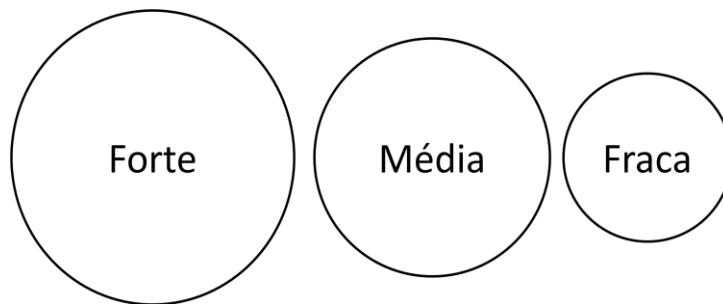


Figura 6: Intensidade de participação dos agentes no processo de produção do espaço

### **3.3 INDICAÇÃO DE POSSÍVEIS MEDIDAS**

Com base nas análises e conclusões alcançadas nas etapas anteriores, são indicadas possíveis medidas e oportunidades que direcionem o aumento da sensibilidade da cidade em relação aos recursos hídricos, e posteriormente são apresentados cenários de melhoria do desempenho hidrológico urbano.

#### ***3.3.3 Desempenho hidrológico urbano: limitações e oportunidades***

Esta etapa compreende a apresentação dos resultados dos indicadores sob a seguinte perspectiva: tendo em vista os possíveis potenciais de diversificação hídrica da área de estudo, quais são as principais limitações e oportunidades para promover a melhoria do desempenho hidrológico urbano?

Foi realizado um levantamento bibliográfico referente a estudos relacionados aos recursos hídricos e ao planejamento urbano desenvolvidos para a área analisada, envolvendo temas como, por exemplo, captação de água de chuva, gestão da demanda de água e controle de adensamento, identificando se as soluções apontadas contribuem para a melhoria deste desempenho. Além das oportunidades, foram identificadas também as suas principais limitações.

Partiu-se de uma análise quantitativa, por meio da apresentação dos indicadores, para uma análise qualitativa, a partir da qualificação das potencialidades apresentadas pelos indicadores e da consideração das transformações espaciais, por meio da análise de viabilidade de promoção de ações que contribuam com a melhoria do desempenho hidrológico urbano. Com base nos resultados identificados na literatura, foram gerados 11 cenários de análise da melhoria deste desempenho, considerando o cálculo dos indicadores a partir dos estudos selecionados, conforme apresentado no Quadro 5

Quadro 5: Síntese de cenários simulados

Cenário I	Consideração do cenário simulado por Souza (2015), que calculou um percentual anual de economia de 9,34% do sistema de abastecimento de água, através da captação de água de chuva.
Cenário II	Consideração do cenário simulado por Souza (2015), que calculou um percentual anual de economia de 11,35% do sistema de abastecimento de água, através da captação de água de chuva.
Cenário III	Consideração da captação de 5% de águas residuárias* para reúso e destinação a usos não potáveis urbanos
Cenário IV	Consideração da captação de 20% de águas residuárias* para reúso e destinação a usos não potáveis urbanos
Cenário V	Consideração da captação de 100% de águas residuárias* para reúso e destinação a usos não potáveis urbanos
Cenário VI	Combinação dos Cenários I e III e consideração de 10,42% de redução da demanda de abastecimento de água conforme calculado por Barros <i>et al.</i> (2015) por meio da instalação de equipamentos poupadores
Cenário VII	Combinação dos Cenários I e IV e consideração de 10,42% de redução da demanda de abastecimento de água conforme calculado por Barros <i>et al.</i> (2015) por meio da instalação de equipamentos poupadores
Cenário VIII	Combinação dos Cenários I e V e consideração de 10,42% de redução da demanda de abastecimento de água conforme calculado por Barros <i>et al.</i> (2015) por meio da instalação de equipamentos poupadores
Cenário IX	Combinação dos Cenários II e III e consideração de 10,42% de redução da demanda de abastecimento de água conforme calculado por Barros <i>et al.</i> (2015) por meio da instalação de equipamentos poupadores
Cenário X	Combinação dos Cenários II e IV e consideração de 10,42% de redução da demanda de abastecimento de água conforme calculado por Barros <i>et al.</i> (2015) por meio da instalação de equipamentos poupadores
Cenário XI	Combinação dos Cenários II e V e consideração de 10,42% de redução da demanda de abastecimento de água conforme calculado por Barros <i>et al.</i> (2015) por meio da instalação de equipamentos poupadores

\*Em relação às águas residuárias, por não terem sido identificados estudos de análise do potencial de reúso na cidade estudada, foram arbitrados os percentuais de 5, 20 e 100% para fins de análise.

Fonte: A autora

Cabe ressaltar que, apesar de existirem outras informações a respeito da economia de água do sistema centralizado decorrente da adoção de mecanismos poupadores, o estudo de Barros *et al.* (2015) foi selecionado para realizar uma análise

da alteração apenas do indicador de *Centralização do sistema de abastecimento*, e do *Balço de entradas e saídas*, visto que com a redução da demanda de água, é reduzida também a geração de efluentes. Então, a alteração da demanda de água, refletida no fluxo de abastecimento centralizado da Equação 2 (C), altera também a saída referente à geração de efluentes (W).

Para todos Cenários foi calculado o *Balanço de entradas e saídas* e a *Centralização do sistema de água*, e para os Cenários I e II foi calculado também o indicador de *Chuvas coletadas*. Foi calculado ainda para cada cenário o volume anual de economia de água do sistema centralizado de abastecimento.

## CAPÍTULO 4: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 ASPECTOS GERAIS

Campina Grande, cidade de médio porte do semiárido brasileiro, localiza-se na região do agreste paraibano, Nordeste do Brasil, especificamente a  $7^{\circ}13'32''$  de latitude Sul e a  $35^{\circ}52'38''$  de longitude Oeste. Situa-se na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, e é cortada pela divisa entre as regiões do Médio e Baixo Rio Paraíba, não sendo banhada por nenhum de seus afluentes, nem pelo rio principal.

Apesar de ser abastecida pelo açude Epitácio Pessoa - Boqueirão, sua única fonte hídrica, localizada a 40 km de distância de sua área urbana, a descarga de seus efluentes de esgotamento sanitário e da rede de drenagem urbana impactam em outros trechos do rio e em outros corpos hídricos da bacia (Figura 7). 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.

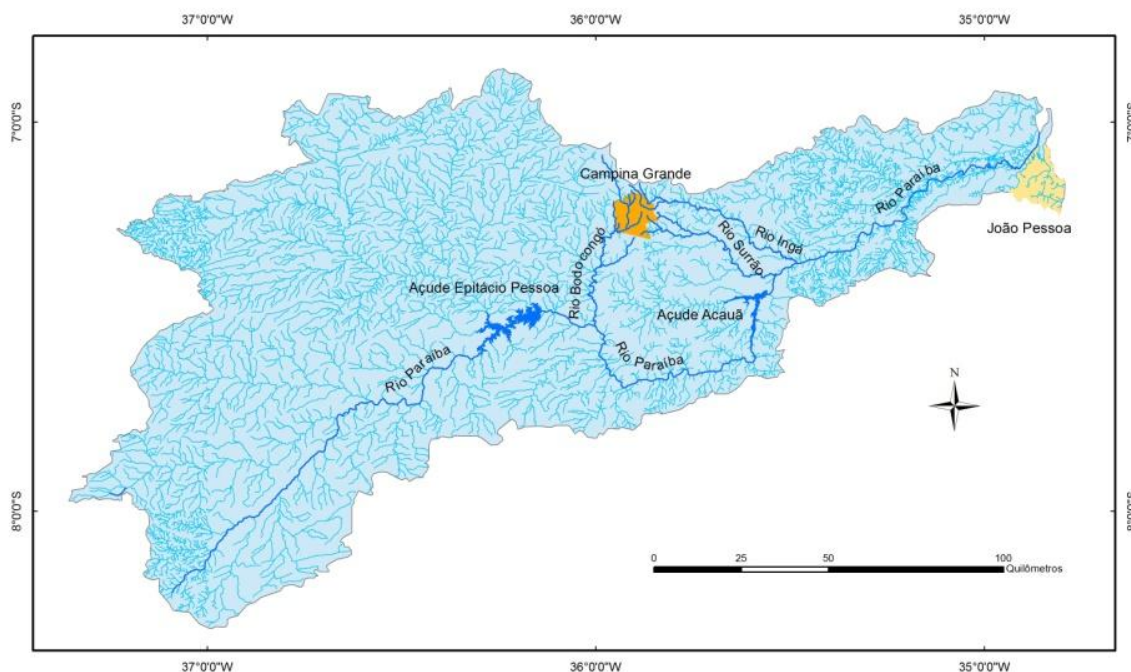


Figura 7: Bacia do Rio Paraíba, Açudes Epitácio Pessoa e Acauã, Campina Grande e rede hidrográfica sob a influência de sua drenagem urbana

O seu perímetro urbano compreende aproximadamente 90 km<sup>2</sup>, e concentra 95% do total da população do município (IBGE, 2010), sendo esta a área de interesse deste



trabalho. Possui aproximadamente 400 mil habitantes, e o seu crescimento populacional é expressivo, conforme pode ser observado na Figura 8.

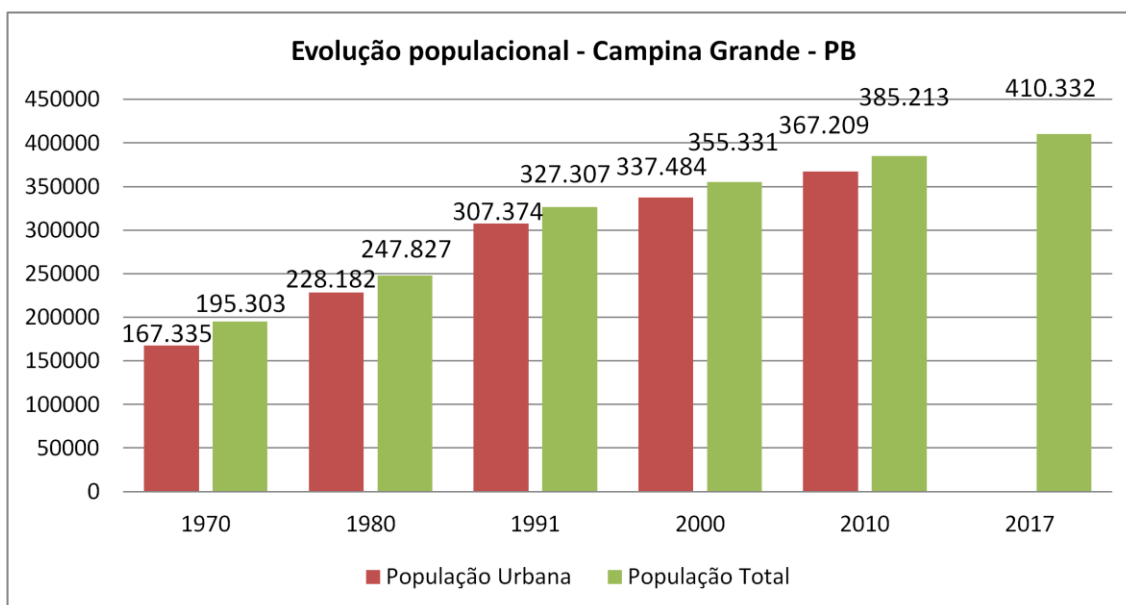


Figura 8: Evolução populacional de Campina Grande (Base de dados do IBGE)

Como pode ser observado na Figura 8, o crescimento populacional do município nos últimos 40 anos é bastante expressivo. Além disso, a população urbana teve um aumento significativo entre os anos de 1991 e 2010, o que equivale a um total de 59.835 novos moradores na área urbana da cidade nas últimas duas décadas. Merece destaque o fato de que este crescimento populacional 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).

O processo de verticalização é mais fortemente evidenciado em alguns bairros da cidade, que se configuram como áreas de valorização, tais como o Catolé, a Prata e o Centro. Em ambos os casos, tanto no espraiamento, quanto na verticalização, existem consideráveis descompasso em relação às infraestruturas existentes: o primeiro, acarreta dificuldades em relação ao atendimento de abastecimento e coleta de águas residuárias, necessitando de extensões das redes existentes; o segundo pode causar-lhes sobrecarga. Dessa forma, o adensamento desequilibrado ocasiona comprometimento das infraestruturas, ora sobrecarregando-as, ora subutilizando-as.

Cabe ressaltar que a cidade de Campina Grande configura-se como o segundo maior centro urbano do estado da Paraíba, tendo em vista seus aspectos econômicos,

além de ser considerado um dos mais importantes centros urbanos do interior do Nordeste. Além disso, a cidade possui grande relevância devido à presença de seus polos industrial e educacional, concentrando grandes universidades e institutos de ensino superior e tecnológico, o que atrai estudantes de todo o Brasil, além da presença de grandes indústrias, a exemplo da Alpargatas e da Coteminas.

A cidade apresenta alta vulnerabilidade em relação aos recursos hídricos. Nas últimas duas décadas, enfrentou uma grande crise hídrica entre os anos 1997-2003, e outra de maior dimensão entre os anos de 2012-2017 (atual), quando o Açude Boqueirão chegou à marca de 2,8% de sua capacidade, após seis anos consecutivos de estiagem.

#### **4.2 O DESENVOLVIMENTO URBANO DE CAMPINA GRANDE E SUA RELAÇÃO COM A ÁGUA: UM BREVE HISTÓRICO**

A busca pela compreensão do que foi o passado da cidade, com a finalidade de entender as relações estabelecidas entre ela e os recursos hídricos ao longo de seu processo de produção espacial se apresenta como objetivo deste tópico. A célebre frase de Herótodoo “*conhecer o passado para entender o presente e idealizar o futuro*” talvez seja a mais adequada síntese do que se pretende apresentar nesta abordagem.

A cidade de Campina Grande, que cresceu a partir do beneficiamento do algodão (o chamado *ouro branco*), era um ponto de abastecimento de bens e serviços da região Nordeste. Em 1907, com a chegada da estrada de ferro, o crescimento da cidade foi fortemente impulsionado devido à facilitação e consequente aumento do escoamento de sua produção para os portos da Paraíba e de Pernambuco, sendo destinada aos mercados nacional e internacional (QUEIROZ, 2016). Como em muitas localidades, a urbe se apresentava como um local insalubre:

*“(…) as causas da problemática situação sanitária de algumas das principais cidades europeias do século XIX apareciam relacionadas ao espaço construído, ao seu amontoamento, e as suas recentes transformações de ordem econômica com o surto demográfico produzido pela atividade industrial. No nosso país, dentro de contextos econômicos, políticos e sociais distintos, o agravamento dos problemas urbanos esteve relacionado ao acelerado crescimento de suas cidades entre finais dos oitocentos e início dos novecentos,*

*decorrente, em princípio e em alguns casos, das atividades agrário-exportadoras, que ganharam espaço de negociação e beneficiamento nos centros urbanos, como é o caso do café em São Paulo e do algodão em Campina Grande.” (QUEIROZ, 2016).*

Conforme evidencia 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.

O Açude Velho, primeiro manancial que abasteceu a cidade, ainda vila, foi construído em resposta à seca enfrentada pelo Nordeste entre os anos de 1824 a 1828, tendo suas obras sido concluídas no ano de 1830. Data deste mesmo ano a construção do 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).

Na época da chegada da estrada férrea (1907), a cidade possuía 731 casas e algumas delas tinham cisternas instaladas, além do abastecimento pelos Açudes Velho e Novo, e também pela fonte do Louzeiro. O terceiro açude construído na cidade para fins de abastecimento foi o Açude de Bodocongó, no ano de 1917, quando a cidade possuía 1.483 casas. No entanto, a qualidade da sua água era imprópria ao consumo humano, possuindo alto teor de salinidade (MENESES, 2011).

Somente no ano de 1927 foi inaugurado o primeiro sistema de abastecimento da cidade, 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). Conforme relata Almeida (1962), o sistema:

*“não passava de um tubo que trazia o líquido ‘de inferior qualidade’ dos açudes de Puxinanã e Grota Funda até um reservatório que*

*ficava localizado ao lado do cemitério do Carmo (atual bairro do Monte Santo) e que logo se tornou obsoleto diante do rápido crescimento do município.” (ALMEIDA, 1962 apud QUEIROZ, 2016).*

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).

Além da problemática relacionada ao abastecimento de água, outro desafio a ser vencido pela cidade nesta época dizia respeito à destinação dos dejetos, visto que não existia sistema de coleta, tampouco de tratamento de esgotos. Nem mesmo existiam bacias sanitárias nas residências, que faziam uso de latrinas que eram despejadas nos próprios açudes abastecedores de água. Logo, data de 1936 o contrato da prefeitura da cidade com o Escritório Saturnino de Brito para a realização das primeiras intervenções sanitárias na cidade (QUEIROZ, 2008).

Em relação ao desenvolvimento econômico, a década de 1930 se apresenta como um marco, em que se observa uma mudança na tendência de cidades que passam de agrário-exportadoras para urbano-industriais. Esta tendência é refletida também em Campina Grande, então principal mercado de algodão do Brasil, ocupando a terceira posição a nível mundial. A cidade passa a ter uma nova configuração, onde a indústria dita o desenvolvimento econômico-financeiro e urbano, assim como o crescimento da população.

No entanto, apesar de evidente importância da cidade a nível mundial, as ações urbanísticas realizadas nas gestões dos prefeitos Lafayette Cavalcanti, Antonio Pereira Diniz e Vergniaud Wanderley (entre os anos de 1929 a 1945) diziam respeito à alteração da cidade para lhe conferir uma aparência da modernidade resultante do seu

desenvolvimento industrial. Isto envolveu obras como demolição de prédios antigos e construção de novas edificações, modernas, além do calçamento de ruas, e expansão de pequenas vias. Observa-se, portanto, conforme destacado por Queiroz (2008) que o aspecto estético nessa época era muito mais considerado do que um planejamento urbano que acompanhasse, de fato, o desenvolvimento da cidade. Não são observadas ações de controle da ocupação do solo urbano.

Na medida em que 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 m<sup>3</sup>, no município de Areia. 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 Eptácio Pessoa (Boqueirão). O manancial, com capacidade de 547 milhões de metros cúbicos, está localizado na cidade de Boqueirão, e na época de sua inauguração, era gerido pela sociedade de economia mista denominada Saneamento de Campina Grande- SANESA. A rede de distribuição da cidade foi expandida, e dimensionada para o atendimento a uma demanda de 44 mil metros cúbicos por dia (CAGEPA, 2008). Ainda no mesmo ano, foi concedida através da Lei nº 47 de 08 de Agosto de 1958 a isenção de impostos municipais por um período de dez anos às novas indústrias que viessem a se instalar no município, o que acarretou em importantes reformas na cidade, a exemplo da criação do Distrito Industrial, em 1963, sendo as indústrias grandes consumidores de água.

A criação de Distritos Industriais se apresentava como tendência a nível nacional, que não se preocupava com o controle da ocupação urbana decorrente da industrialização e, contrariamente, promovia incentivos ao crescimento industrial e consequentemente urbano e populacional, para alcançar o chamado “desenvolvimento”, porém com evidente desarticulação aos impactos que esta rápida transformação do ambiente poderia vir a causar. Antes da criação do Distrito Industrial de Campina Grande, suas indústrias localizavam-se nas proximidades do Açude Velho e do Açude

de Bodocongó. A Figura 9 apresenta a malha urbana de Campina Grande na década de 1960 e a localização das indústrias antes da criação do Distrito Industrial.

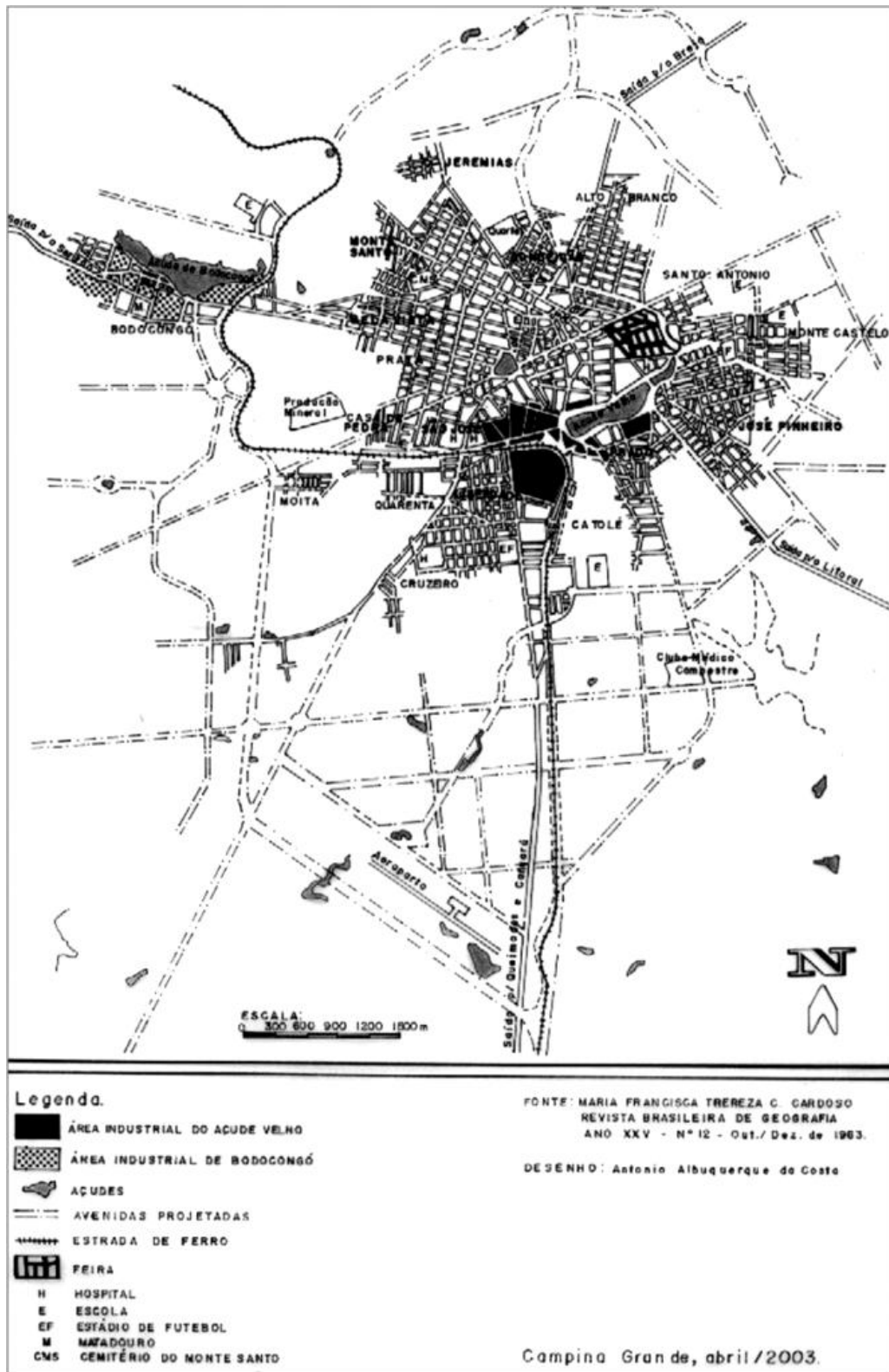


Figura 9: Malha urbana de Campina Grande na década de 1960 e suas indústrias. Fonte: Cardoso (1963) *apud* Costa (2013)

Como é possível observar na Figura 9, a malha urbana se expande do centro para as periferias, e na década de 1960, alguns bairros, hoje consolidados, não possuíam ocupação relevante, a exemplo do bairro do Catolé. Esta década apresentou ainda marcos importantes que norteariam o futuro de Campina Grande. Com o início do funcionamento da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), houve também o crescimento de obras de infraestrutura. No entanto, com as mudanças políticas consequentes do Golpe Militar de 1964, a cidade que se encontrava em expansão, começou a apresentar os primeiros sinais de estagnação, devido ao seu enfraquecimento financeiro. A própria SUDENE foi tomada pelos militares, comprometendo os planos da elite industrial

As décadas de 1970 e 1980 foram marcadas pelas intervenções na questão da habitação pelo Governo Militar, e alguns programas passaram a ser implementados. Dois exemplos são o projeto CURA (Complementação Urbana para Renovação Acelerada) e o PROMORAR (Programa de Erradicação de Sub-habitação), ambos apoiados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), e voltados à urbanização de áreas faveladas. Em Campina Grande foram realizadas algumas ações destes projetos nos bairros do Catolé (Pedreira do Catolé), Sandra Cavalcante, Bairro das Nações, Castelo Branco e Jardim Paulistano, o que envolveu a construção de casas, assim como a melhoria da infraestrutura. Apesar dos projetos habitacionais se tratarem de políticas nacionais, as escolhas das áreas de intervenção não seguiram um plano específico. Eram definidas a partir da articulação entre agentes locais, particularmente o estado e os proprietários fundiários (COSTA, 2013).

A respeito dos instrumentos de planejamento, datam da década de 1970 a elaboração dos primeiros documentos: no ano de 1975 foram apresentados o Plano de Desenvolvimento Local Integrado (PDLI) e Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI). O primeiro dizia respeito a um plano de desenvolvimento para 57 municípios, fruto do governo militar, em que Campina Grande seria a Cidade Polo do Compartimento da Borborema. O segundo, estabelecido pela Lei Municipal nº 176 de 1975, dispunha sobre um instrumento de orientação e disciplina ao desenvolvimento físico, econômico, social e administrativo do município.

Algumas das diretrizes do PDDI diziam respeito à preservação ambiental, à promoção de áreas livres nos loteamentos e à orientação da ocupação do solo. Apesar de

fazer poucas considerações a respeito dos recursos hídricos e do saneamento, este documento passa a orientar o ordenamento do território, que, por sua vez, a partir de então passa a ser dotado de critérios técnicos e legais para a ocupação.

Em relação ao saneamento da cidade, na década de 1970, o mesmo passou a ser operado pela agência estadual CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba), tendo esta recebido a concessão que outrora pertencia ao município, passando a operar o sistema Boqueirão. Em 1984, com o crescimento urbano, houve uma expansão do sistema de abastecimento de água, com a instalação de novos reservatórios de distribuição, novas estações elevatórias de água tratada, assim como o aumento da rede. Já em 1993, houve a necessidade de nova ampliação do sistema, compreendendo alterações na captação, estações elevatórias de água bruta e tratada, estação de tratamento de água e reservatório de distribuição (MENESES, 2011).

Apesar das constantes intervenções no sistema de abastecimento de água, desde a inauguração do sistema Boqueirão, o mesmo sempre manteve sua centralidade neste açude. Cabe ressaltar que 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.

Entre 1997 e 2000, o açude Boqueirão passou por uma crítica fase em relação ao seu nível e à qualidade da água (RÊGO; ALBUQUERQUE; RIBEIRO, 2000). Somente em 2004 o nível do açude retornou à normalidade, com o início de uma série de anos chuvosos, encerrada no ano de 2011. A partir de 2012 iniciou-se uma nova série de anos secos, que culminaram na situação mais crítica do açude, que chegou ao menor volume de sua história, contando com apenas 2,8% de sua capacidade no ano de 2016.

Além de Campina Grande, Boqueirão abastece outros 25 núcleos urbanos, dentre cidades e distritos municipais. Durante os mencionados períodos de crise, toda a população atendida por este sistema esteve submetida a prolongado período de racionamento de água. No último período prolongado de estiagem (2012-2017), a suspensão da interrupção do fornecimento de água somente ocorreu após a saída do manancial do volume morto, decorrente da chegada das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Cabe ressaltar que foram dedicados esforços em prol da



aceleração das obras do PISF, tendo em vista o eminente risco de colapso hídrico ao qual estava sujeita a população de mais de meio milhão de habitantes, tendo as águas do São Francisco encontrado o espelho d'água de Boqueirão meses antes do previsto (RÊGO *et al.*, 2017).

Apesar do iminente problema relacionado aos recursos hídricos, não há evidências de ações voltadas à gestão da demanda deste sistema (GUEDES *et al.*, 2014; BARROS *et al.*, 2015), 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 vulnerabilidade ao desabastecimento, conforme apresentado na Figura 10. Os corpos hídricos presentes nos limites urbanos são também apresentados na Figura 10.

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, 2016). Ainda, muitas são as deficiências no que diz respeito ao gerenciamento dos recursos hídricos (e.g., RÊGO *et al.*, 2012; 2017; GRANDE *et al.*, 2016).

Além disso, o processo de ocupação do solo urbano da cidade é contínuo, e esta ocupação, de modo geral, acontece de forma desarticulada às questões relativas aos recursos hídricos. Dentre os bairros que enfrentaram nas últimas décadas um acelerado processo de urbanização, destaca-se o Catolé, descrito com mais detalhes na sessão seguinte.

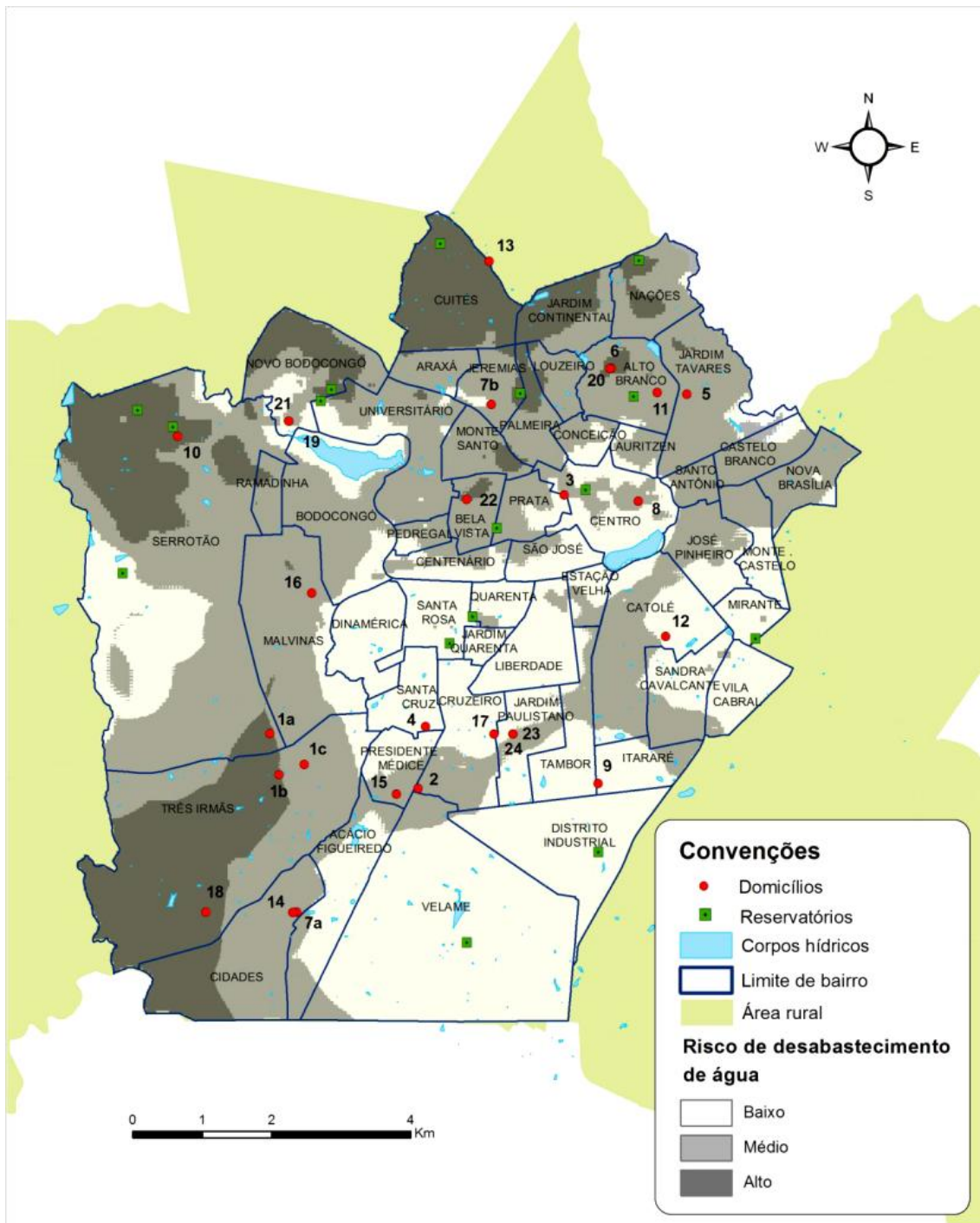


Figura 10: Risco de desabastecimento de água e corpos hídricos de Campina Grande. Fonte: Grande (2016)

### 4.3 O BAIRRO CATOLÉ

O bairro do Catolé localiza-se na zona sul da cidade de Campina Grande, e possui uma ocupação predominantemente residencial. Além desta ocupação, o bairro abriga grandes equipamentos urbanos, tais como *shopping center*, terminal rodoviário, grandes escolas, parque e clubes. A Figura 11 apresenta o mapa de uso do solo do

bairro. De acordo com o Plano Diretor Municipal, o Catolé situa-se na Zona de Recuperação Urbana, caracterizada pelo uso predominantemente residencial, com carência de infraestrutura e equipamentos públicos e incidência de loteamentos irregulares e núcleos habitacionais de baixa renda (CAMPINA GRANDE, 2006), conforme apresentado na Figura 12.

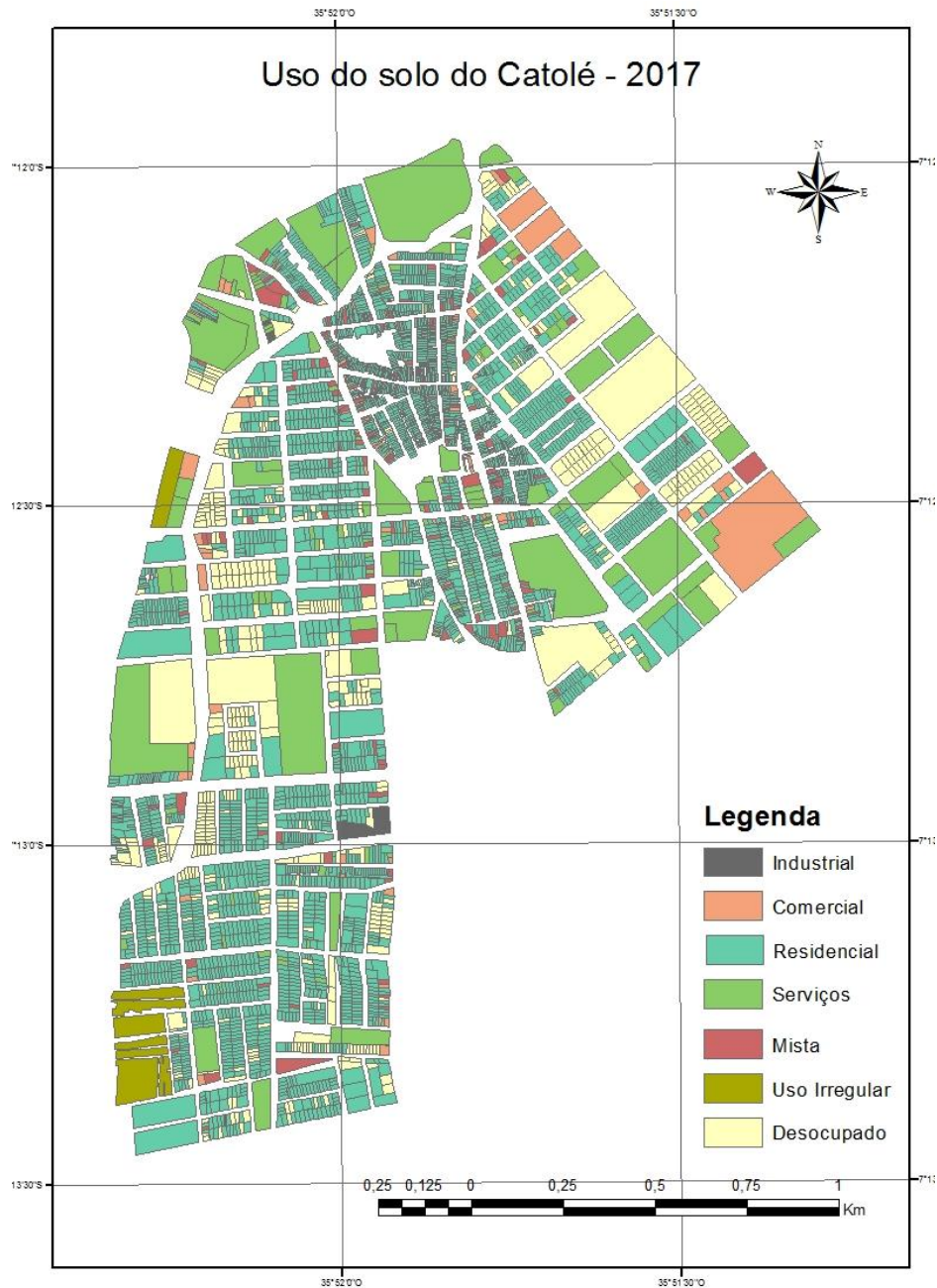


Figura 11: Uso do solo do bairro do Catolé. Fonte: Adaptado de Araújo (2012)

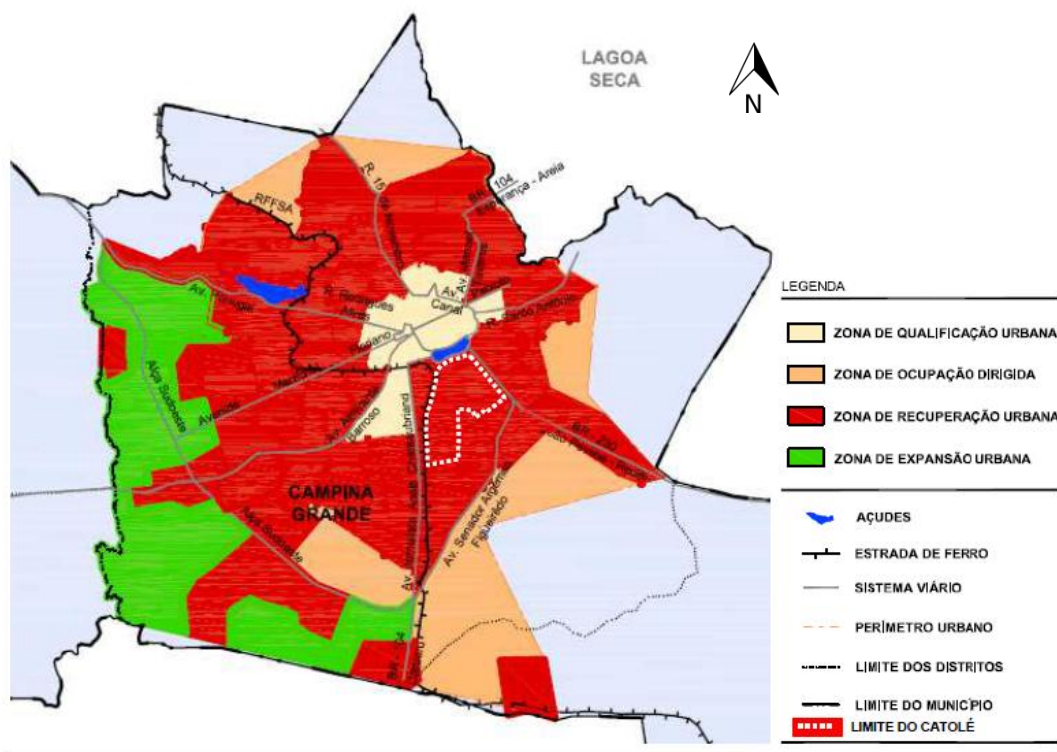


Figura 12: Situação do Catolé segundo o Plano Diretor Municipal. Fonte: Campina Grande (2006) com destaque de Barros (2013)

Apesar de sua condição de precariedade da infraestrutura reconhecida no Plano Diretor Municipal, o bairro se apresenta como uma das áreas mais consolidadas da cidade, especialmente devido à presença dos mencionados equipamentos urbanos, e consequente valorização imobiliária da área. De acordo com o Código de Obras do município, o índice de aproveitamento e a taxa de ocupação da Zona de Recuperação Urbana são os apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Taxa de ocupação máxima e índice de aproveitamento da Zona de Recuperação Urbana

<b>Zona de Recuperação Urbana</b>		
Taxa de ocupação Máxima	Uso residencial	60%
	Outros usos	75%
Índice de Aproveitamento	Uso residencial	5,5
	Outros usos	4

Fonte: Adaptado de Campina Grande (2003)

Segundo Bonates (2010), no Catolé está concentrado um dos maiores pontos de verticalização da cidade, sendo o bairro considerado como o de maior liquidez na venda de imóveis da cidade. Ainda, é o bairro com segunda maior densidade populacional de

Campina Grande, ficando atrás apenas do bairro do Pedregal, sendo este último um bairro com características completamente diferentes do Catolé, tendo surgido a partir de um assentamento precário, possuindo uma grande quantidade de habitantes em pequena área, onde mais de uma família habita a mesma residência, muitas vezes (BARROS, 2013).

Como apresentado na Figura 13, podem ser observados alguns dos principais equipamentos urbanos instalados no bairro, configurando-o como uma das áreas de maior valorização da cidade, o que torna a área atrativa aos promotores imobiliários. Ainda, a Figura 14 evidencia a presença de edifícios de grande porte instalados no bairro do Catolé, sendo estes responsáveis pela concentração populacional na área, e consequente sobrecarga das infraestruturas. Já a Figura 15 apresenta as edificações em construção, evidenciando que o processo de verticalização na área não cessou, comprovando a carência de intervenção por parte do Governo Municipal em relação ao controle do adensamento populacional. O Plano Diretor municipal, por exemplo, não contempla estudos sobre densidade, ao mesmo tempo em que a legislação urbanística não fornece subsídio para a implementação de ações que reduzam os impactos dessas obras sobre os recursos hídricos.

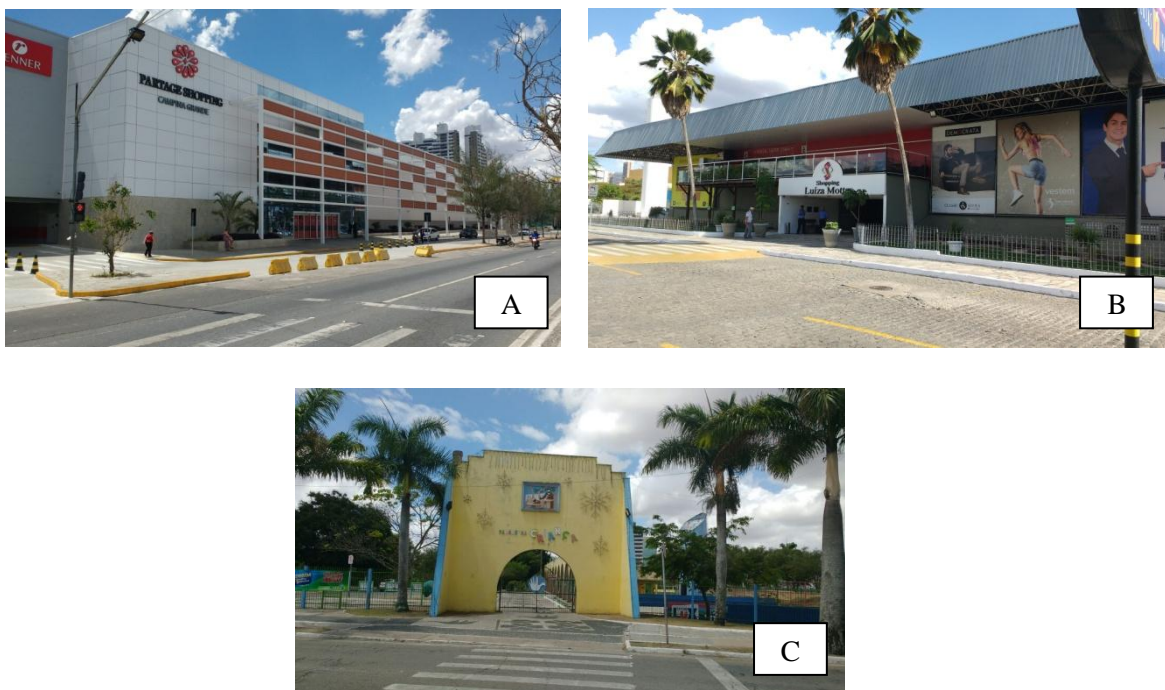


Figura 13: Exemplos de equipamentos urbanos presentes no Catolé: A) Partage Shopping; B) Shopping Luiza Motta; C) Parque da Criança. Fonte: A autora



Figura 14: Alguns edifícios de grande porte instalados no Catolé. Fonte: A autora



Figura 15: Edifícios em construção no Catolé. Fonte: A autora

Apesar da configuração do Catolé enquanto área de valorização da cidade, há também ocupações informais (Figura 16), representando um grande contraste em relação à produção do espaço.



Figura 16: Ocupações informais no Catolé. Fonte: A autora

## CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 FLUXOS HÍDRICOS CALCULADOS

A avaliação do desempenho hidrológico da área de estudo, conforme descrito no Capítulo 3, parte do cálculo dos fluxos hídricos da cidade analisada. Desta forma, a síntese dos resultados encontrados para cada objeto de análise está apresentada no Quadro 7.

Quadro 7: Síntese dos fluxos hídricos da cidade de Campina Grande – PB

Dado	Volume anual (m <sup>3</sup> )	Volume anual (GL)
Abastecimento centralizado	30.306.096,00	30,31
Águas residuárias	20.876.832,00	20,88
Abastecimento descentralizado (água subterrânea)	15.700,46	0,02
Precipitação	73.814.400,00	73,8
Evaporação	139.843,00	0,14

Fonte: A autora

Estes resultados podem ser observados através da representação dos fluxos hídricos anuais da cidade, na Figura 17.

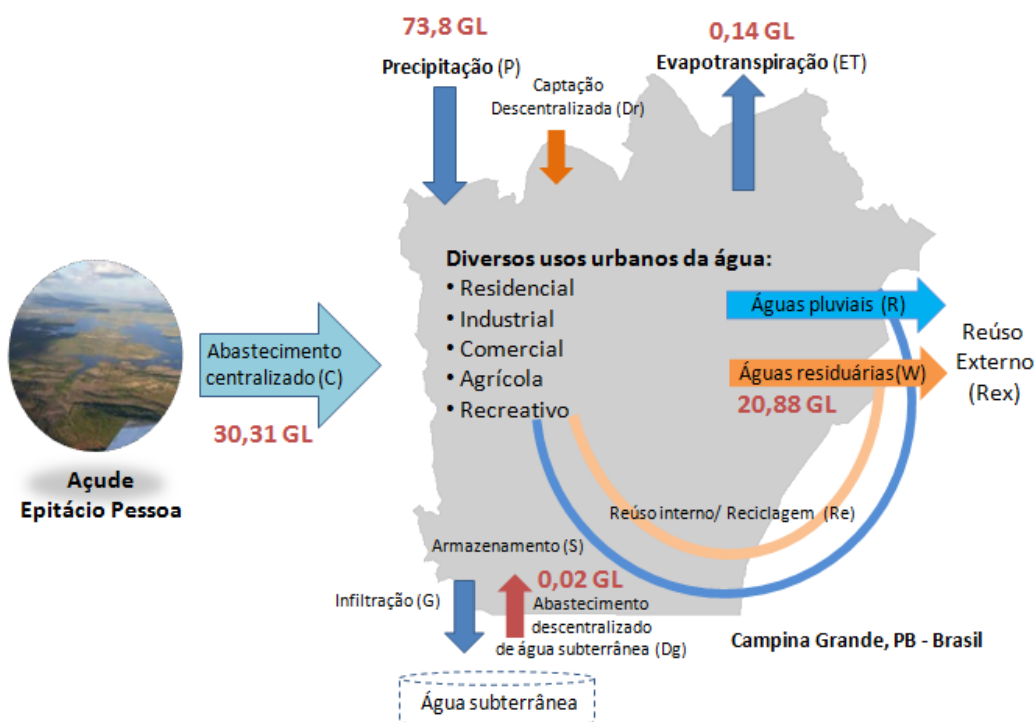


Figura 17: Representação dos fluxos hídricos anuais da cidade de Campina Grande. Fonte: A autora



Com as informações do Quadro 7 e aplicação da Equação 2 apresentada no Capítulo 3, o balanço hídrico urbano resulta em um valor de  $\Delta S = 83,11$ . Apesar deste valor não considerar o fluxo de drenagem urbana de águas pluviais nem a infiltração, ele reflete o fato da cidade receber um aporte hídrico anual significativo. No entanto, apesar deste resultado significativamente elevado, ele não expressa que o desempenho hidrológico da cidade esteja em boas condições, e sim que os fluxos identificados apresentam potencialidade de serem melhor aproveitados.

Cada um dos fluxos apresentados corresponde a um potencial hídrico a ser explorado, conforme será apresentado na sessão seguinte, que trata do cálculo dos indicadores de desempenho hidrológico da área urbana.

## **5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO HIDROLÓGICO**

Sabendo que, neste estudo, os indicadores de desempenho hidrológico têm como objetivo auxiliar a avaliação a respeito das potencialidades e deficiências dos fluxos urbanos, direcionando o planejamento de modo a integrar estas potencialidades e suprir suas deficiências, são apresentados a seguir os resultados de cada um dos indicadores calculados para a cidade de Campina Grande, juntamente às discussões correspondentes.

### ***5.2.1 Centralização do sistema de água***

A avaliação da centralização do abastecimento de água, na perspectiva do metabolismo urbano, é de fundamental importância para a compreensão da relação da cidade com suas possibilidades de suprimento hídrico. Esta informação representa a quantidade de água que chega à área urbana através dos seus sistemas convencionais de abastecimento. A avaliação do metabolismo permite comparar esta quantidade de água com os demais fluxos da cidade, analisando o potencial de substituição do abastecimento convencional por outras fontes hídricas, a exemplo de águas de reúso e águas pluviais.

No caso de Campina Grande, de acordo com as informações apresentadas por Meneses (2011), as vazões entregues através de três adutoras (Quadro 2) totalizam, por ano, um volume de aproximadamente 30 milhões de metros cúbicos (Quadro 7). Não são consideradas as perdas do sistema ao longo da rede de distribuição, e sim o total de água entregue à cidade.

A comparação da quantidade de água que a área urbana recebe por sistema de abastecimento com as demais fontes hídricas alternativas, que por ventura venham a suprir o abastecimento urbano, resulta na geração de um indicador de centralização do sistema. Em relação ao indicador calculado para Campina Grande, este valor é de 100%, visto que as fontes descentralizadas por abastecimento de água subterrânea são insignificantes (Quadro 7), e não são observadas ações referentes à utilização de águas de reúso nem de água de chuva.

Este resultado reflete a dependência do sistema urbano de uma única fonte hídrica, centralizada, atualmente, no açude de Boqueirão. A ausência de diversificação de fontes hídricas potencializa as consequências negativas em períodos de crises, como acontece não apenas na cidade estudada, mas se reflete como uma realidade a outros centros urbanos, dependentes de única fonte de abastecimento.

No caso específico de Campina Grande, esta dependência se apresenta de forma negativa, uma vez que os períodos secos da região semiárida são hidrologicamente previstos, mas apesar deste fato, não são observadas ações que garantam incentivo à adoção de outras fontes hídricas, ou mesmo que possam contribuir com a melhoria do uso da água do abastecimento centralizado. Como pode ser observado na Figura 18, a cidade não apresenta iniciativas consideráveis em relação ao uso de águas pluviais. Em relação ao uso de água subterrânea, a mesma não é considerada como um potencial de diversificação hídrica, devido à localização da cidade sobre a rocha cristalina. A Figura 18 apresenta o cálculo da demanda de água por setores censitários, a localização de poços segundo a AESA (2017), e a localização de cisternas de acordo com o censo (IBGE, 2010).

Nos próximos dois tópicos serão descritas oportunidades de descentralização do abastecimento da cidade, na perspectiva do metabolismo urbano. A discussão se baseia no potencial de diversificação das fontes hídricas identificadas como potenciais para melhoria do uso da água a partir da análise do metabolismo urbano e do cálculo dos indicadores correspondentes, ou seja, o aproveitamento de águas pluviais e de águas residuárias, de modo a fornecer informações para contribuição a uma maior resiliência urbana no que diz respeito à água.

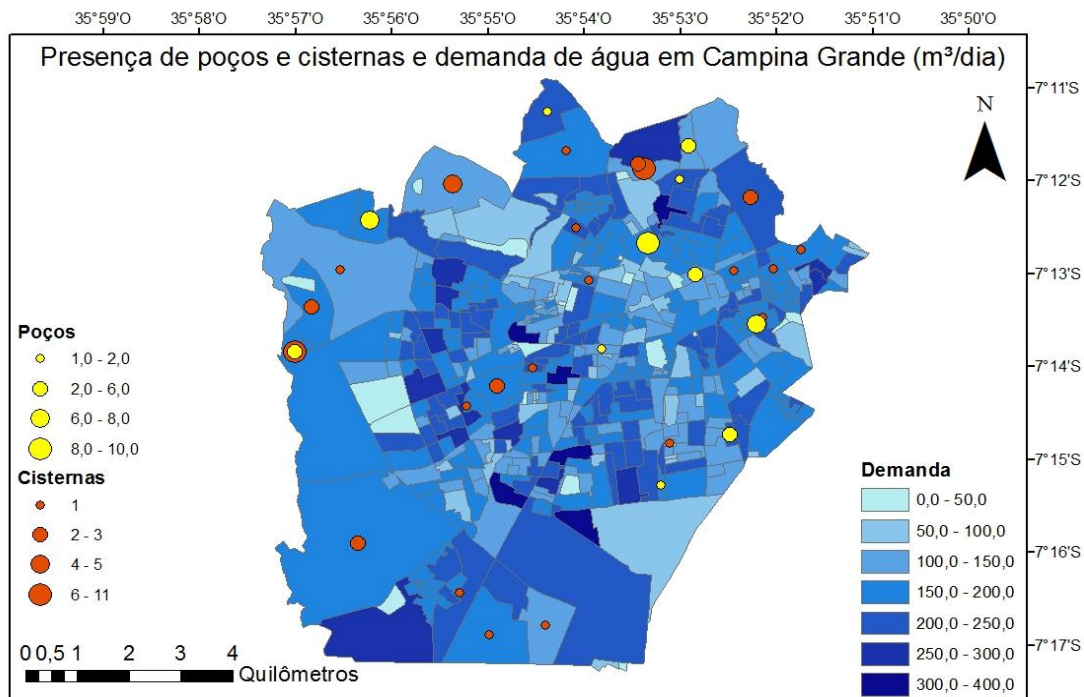


Figura 18: Distribuição de poços e cisternas na cidade de Campina Grande. Fonte: IBGE (2010), AESA (2017)

### 5.2.2 Potencial de precipitação para abastecimento de água

Algumas abordagens de metabolismo urbano consideram a quantificação de toda a precipitação que cai na área urbana (KENWAY *et al.*, 2011; THERIAULT AND LAROCHE, 2009; MARTELEIRA *et al.*, 2014). Esta quantificação apresenta uma prévia avaliação do potencial de aproveitamento de água de chuva que, por ventura, a cidade possua. Em contrapartida, há abordagens que consideram a informação de precipitação com potencial de coleta, a exemplo da chuva coletada em telhados de residências unifamiliares e espaços comerciais (FAROOQUI *et al.*, 2016, KENNEDY *et al.*, 2014).

Para a cidade analisada, o volume de precipitação anual totaliza, aproximadamente, 74 milhões de metros cúbicos (Quadro 7). Isto significa que, desconsiderando todas as perdas, inclusive por evapotranspiração, anualmente, em média, a cidade recebe este volume de chuvas. O indicador calculado para este fluxo foi igual a 243,60%, o que significa que se toda a água de chuva que cai na área urbana pudesse ser captada, apenas ela supriria, com sobra, o abastecimento da cidade. No entanto, claramente isto não é possível, devido limitações relacionadas à logística urbana para captação e armazenamento destas águas. Contudo, percebe-se o potencial

apresentado pela cidade para diversificação de seu abastecimento por meio da captação de água de chuva.

### ***5.2.3 Potencial de águas residuárias para abastecimento***

O volume anual de água residuária corresponde a, aproximadamente, 21 milhões de metros cúbicos, conforme apresentado no Quadro 7. Relacionando este valor ao fluxo de abastecimento centralizado, observa-se que 68,90% da água potável fornecida à cidade de Campina Grande se converte em esgoto. Este é o indicador de potencial de substituição do abastecimento centralizado por águas residuárias, apresentando contribuição à análise do aproveitamento de águas residuárias para fins não potáveis urbanos.

Este tipo de uso pode ocorrer tanto de forma centralizada, através de grandes sistemas de tratamento e distribuição para determinadas finalidades, ou de maneira descentralizada, em que se destacam ações isoladas do aproveitamento de águas residuárias, de modo a contribuir individualmente com a redução da demanda de água potável.

## **5.3 DENSIDADE POPULACIONAL**

O aumento populacional da cidade de Campina Grande ocasionou uma série de alterações no ambiente urbano. Dentre as consequências que merecem destaque, menciona-se a ocorrência da expansão da mancha urbana da cidade, a ocupação de espaços anteriormente vazios, e um processo de verticalização pouco regulado e aleatório, que sobrecarrega a infraestrutura em alguns pontos e as torna subutilizada ou precariamente estendida em outros.

A densidade populacional calculada para a cidade é igual a 3.945 habitantes/km<sup>2</sup>. Como este valor reflete uma densidade global, algumas considerações precisam ser feitas. A primeira delas diz respeito à espacialização da população. Há áreas da cidade que possuem uma densidade populacional muito mais elevada, e outras pouco ocupadas, refletindo uma distribuição desigual da população no solo urbano (Figura 19). Isso se deve a fatores como a concentração de domicílios e a verticalização, responsável pelo adensamento populacional de forma mais intensificada, concentrando uma maior quantidade de habitantes numa mesma área.

Por sua vez, o aumento da densidade populacional, sem o devido controle nem cumprimento dos instrumentos urbanísticos que orientam a ocupação do solo, pode acarretar no comprometimento dos sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgotos, devido à sobrecarga dos mesmos.

No Catolé, por exemplo, o valor da densidade populacional é igual a 10.894 *hab/km<sup>2</sup>* (BARROS, 2013), muito elevado em relação à densidade populacional da cidade. Já o bairro do Pedregal possui a maior densidade populacional da cidade (27.503 *hab/km<sup>2</sup>*), no entanto, possui características distintas do Catolé, com uma concentração populacional decorrente das características de favela que o bairro possui. É importante ressaltar que, na perspectiva do metabolismo urbano, este resultado reflete a concentração de habitantes em determinada área, que depende do fornecimento de água e ao mesmo tempo é responsável pela geração de efluentes, reforçando a intensidade do uso da água. Portanto, algumas áreas da cidade merecem atenção especial no que diz respeito à adoção de medidas que as direcionem a uma maior sensibilidade em relação aos recursos hídricos, devido à concentração populacional e consequente aumento da intensidade da dependência dos sistemas de água.

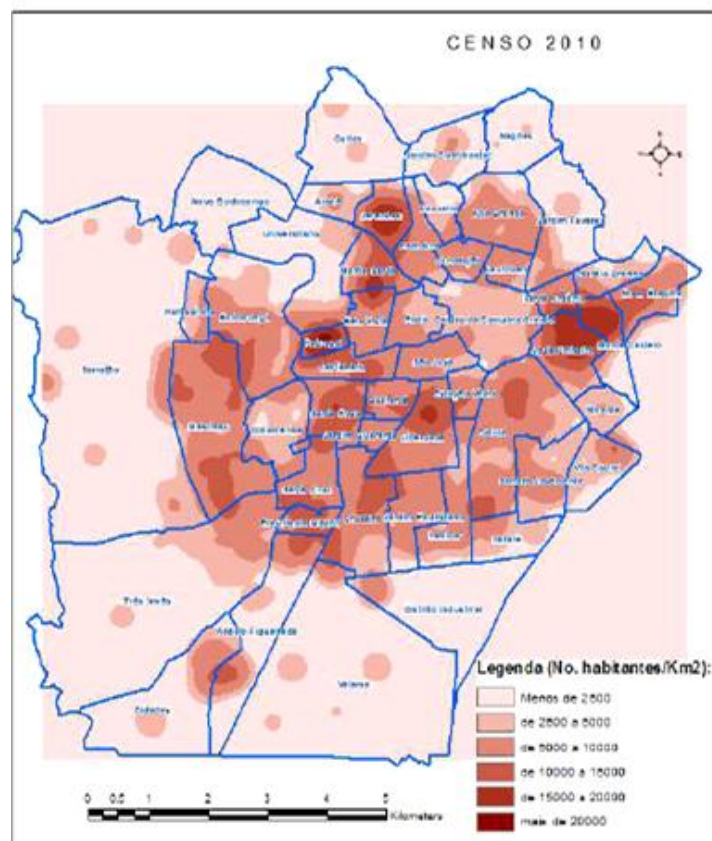


Figura 19: Distribuição da densidade populacional na cidade de Campina Grande. Fonte: IBGE (2010)

Outra consideração diz respeito ao fato de existirem ainda muitas dificuldades em relação ao controle do adensamento e da verticalização na cidade. Há uma desconexão entre o planejamento urbano e a gestão socioambiental, evidenciada ou na ausência de diretrizes claras que orientem a construção dos edifícios multifamiliares, assim como a preservação dos recursos hídricos nas leis e planos urbanísticos da cidade, ou na incapacidade dos gestores municipais em converter as diretrizes em ações, quando existentes (BARROS, 2013).

Os grandes promotores imobiliários, representados por determinados grupos familiares da cidade, detém o domínio do mercado da construção civil, e expandem suas obras nas áreas de maior valorização. Por outro lado, o Código de Obras municipal apresenta parâmetros urbanísticos, no entanto eles não regulam as densidades urbanas de forma a relacionar estas densidades às capacidades dos sistemas de infraestruturas existentes. As consequências ambientais e urbanas deste domínio dos grupos de poder econômico são o aumento da impermeabilização do solo, seguida da redução da infiltração e do aumento do escoamento superficial, o aumento da demanda de água, da geração de efluentes, além da demanda energética e do tráfego nas vias, acarretando em transtornos na mobilidade, tudo isto concentrado em determinadas áreas da cidade. O Quadro 8 apresenta o resumo dos indicadores de desempenho hidrológico calculados.

Quadro 8: Resumo de indicadores calculados

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
<i>População</i> Densidade populacional (hab/km <sup>2</sup> )	3.945 hab/km <sup>2</sup>
<i>Balanco de entradas e saídas (ΔS)</i> Entradas/Saídas	83,11
<i>Centralização do sistema de água</i> Fornecimento centralizado (%) Chuvas coletadas (%)	100% 0
<i>Potencial de precipitação para abastecimento de água</i> Substituição do fornecimento centralizado (%)	243,60%
<i>Potencial de águas residuárias para abastecimento de água</i> Substituição do fornecimento centralizado (%)	68,90%

Fonte: A autora

## 5.5 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO DO BAIRRO DO CATOLÉ

A análise da produção espacial se configura como uma etapa de avaliação da ocupação urbana com a finalidade de identificar, historicamente, os conflitos entre esta produção do espaço e os recursos hídricos. Além disso, objetiva identificar os atores

responsáveis pelo processo de ocupação, de modo a verificar como é estabelecida a dinâmica urbana e, diante disto, identificar possíveis caminhos e dificuldades para proporcionar as ações referentes à melhoria do desempenho hidrológico urbano, identificadas anteriormente, como forma de direcionar a cidade a uma maior sensibilidade aos recursos hídricos.

Dito isto, conforme mencionado no Capítulo 3, esta análise será realizada a partir do estudo do processo de produção do espaço do bairro do Catolé, descrito no Capítulo 4. O bairro é considerado uma das áreas que vivenciou um intenso e acelerado processo de urbanização nos últimos anos na cidade de Campina Grande, tendo a sua estrutura sido modificada em um curto intervalo de tempo. A Tabela 1 apresenta a evolução populacional e das demandas de água no bairro do Catolé, segundo dados produzidos por Barros (2013).

Tabela 1: Evolução populacional e das demandas de água no Catolé

<b>Ano</b>	<b>População (<i>hab</i>)</b>	<b>Demanda de água (<i>l/dia</i>)</b>
2000	18.498	
2010	31.560	5.160.960,20
2015	41.223	5.899.659,97

Fonte: Adaptado de Barros (2013)

Para a realização do estudo foi feito um recorte temporal, contemplando os marcos urbanísticos ocorridos no bairro desde a década de 1970 até a atualidade (2018). Conforme descrito no Capítulo 3, este recorte temporal foi considerado por terem sido identificadas intervenções de relevância no bairro a partir desta década. Os resultados de cada uma das décadas analisadas serão apresentados em forma de figura, onde são indicados os principais marcos, uma breve descrição das ações ocorridas, os conflitos identificados entre ambiente construído e recursos hídricos, e os atores responsáveis pelas ações, assim como seu nível de participação, definida pelo tamanho do círculo em que estejam inseridos. Os agentes identificados no processo de produção do espaço foram os apresentados na Figura 20, e cada um deles é representado por uma cor.

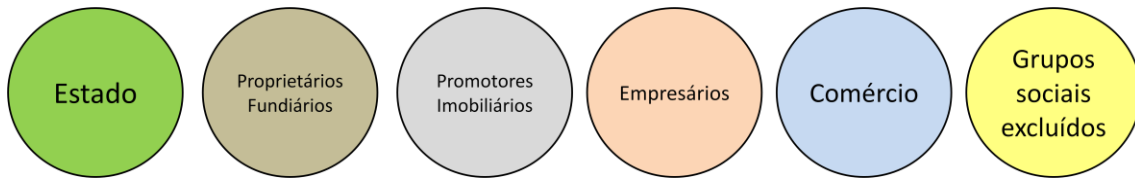


Figura 20: Agentes produtores do espaço do Catolé

A Figura 21 apresenta a primeira análise, referente à década de 1970.

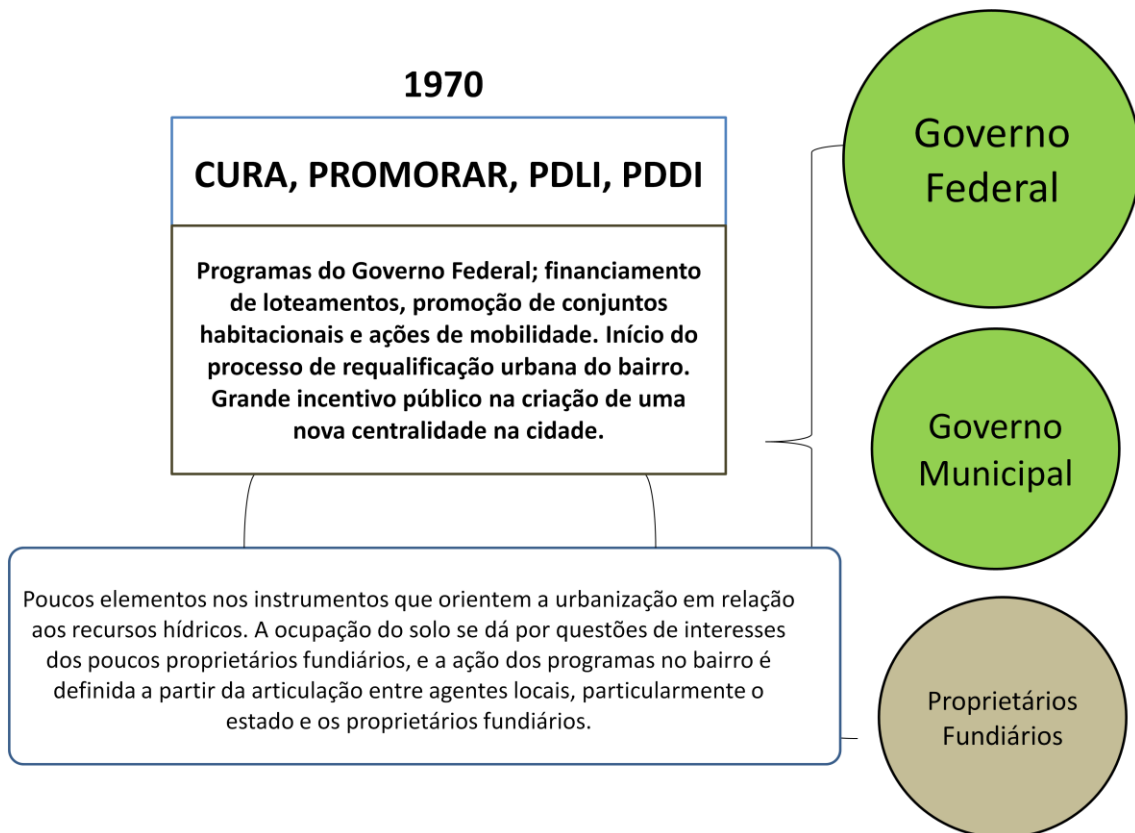


Figura 21: Intervenções urbanas no Catolé na década de 1970. Fonte: A autora

A década de 1970 foi marcada por intervenções do *Governo Federal*, especialmente na promoção dos primeiros instrumentos urbanísticos da cidade (PDLI – Plano de Desenvolvimento Local Integrado, e PDDI – Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado). No entanto, os instrumentos não contemplavam aspectos ambientais, evidenciando uma fragilidade em relação à integração do ambiente construído ao natural. A ocupação do solo segue critérios dos proprietários fundiários, e, segundo Costa (2013), as reformas e os processos de (re)estruturação da cidade nesta década tinham forte ligação aos projetos habitacionais, e os “*possuidores dos meios de produção se apropriavam das melhorias promovidas pelo Estado*” (COSTA, 2013). Isto se refletiu, dentre outras consequências, em uma tendência de desconexão entre a ocupação do solo e a preservação dos recursos hídricos.



Em relação às ações observadas no bairro na década de 1980, a Figura 22 apresenta sua síntese.

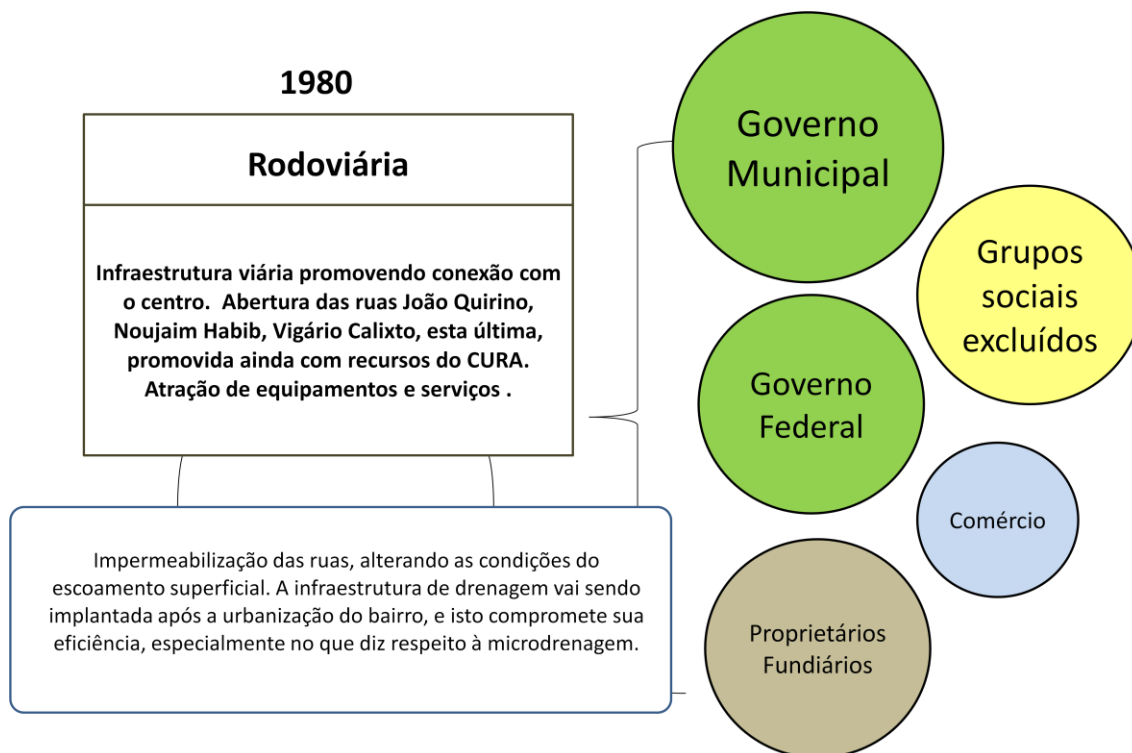


Figura 22: Intervenções urbanas no Catolé na década de 1980. Fonte: A autora

Na década de 1980 o *Governo Municipal* possui maior destaque em relação à produção do espaço do Catolé, apresentando ações referentes à mobilidade urbana, o que promoveu a atração de novos equipamentos e serviços ao bairro. A instalação do Terminal Rodoviário Argemiro de Figueiredo se configura como a principal ação relativa ao incentivo de um processo de ocupação da área na década. Conforme destaca Silva (1987), na década de 1980 o Catolé já era considerada uma área de valorização da cidade. A afirmativa da autora relaciona-se com o fato de ter havido intervenções no bairro em decorrência das ações do programa PROMORAR, especificamente na Pedreira do Catolé:

*“O PROMORAR de Campina Grande planejou a urbanização de favelas (aprovada pelo BNH em 1981) em duas das dezessete áreas faveladas da cidade. Na Pedreira do Catolé, uma favela incrustada numa área nobre do bairro do Catolé, para o qual o projeto municipal de urbanização previa a distribuição inicial de 500 títulos de propriedade, a construção de 117 novas unidades residenciais, a*

*realização de 4000 ampliações e/ou melhoramentos, além da urbanização da área” (SILVA, 1987).*

De acordo com a narrativa de Silva (1987), percebe-se que as ações voltadas para a urbanização da Pedreira do Catolé não foram, possivelmente, consequência de uma escolha aleatória. Tendo em vista que o Catolé já era considerada uma área de valorização, as ações do PROMORAR em muito incentivaram a manutenção desta valorização, chegando a expulsar, quase toda a população da antiga Pedreira para outras áreas da cidade (COSTA, 2013) na figura dos *Grupos Sociais Excluídos*, o que reforça o papel do *Estado* nesta intervenção, ao mesmo tempo em que fornece aos *Proprietários Fundiários* a valorização de suas terras. A Figura 23 apresenta a favela Pedreira do Catolé na década de 1980.



Figura 23: Favela Pedreira do Catolé na década de 1980. Fonte: Silva (1987) apud Costa (2013)

A Figura 24 apresenta a ocupação do bairro do Catolé em 1982. Conforme pode ser observado, havia muitos lotes desocupados, além de uma ocupação ocorrendo de forma dispersa nos limites do bairro, evidenciando um “*processo de apropriação sem planejamento do espaço*” (SANTOS, 2015). Esta desarticulação da ocupação do solo com o planejamento urbano reforça a sua fragilidade de articulação com os recursos hídricos, uma vez que, como é possível observar na Figura 24, a ocupação dos vazios não seguia um critério, de modo que, se havia descompassos em relação ao planejamento urbano, claramente havia uma distância ainda maior em relação a sua integração aos recursos hídricos.

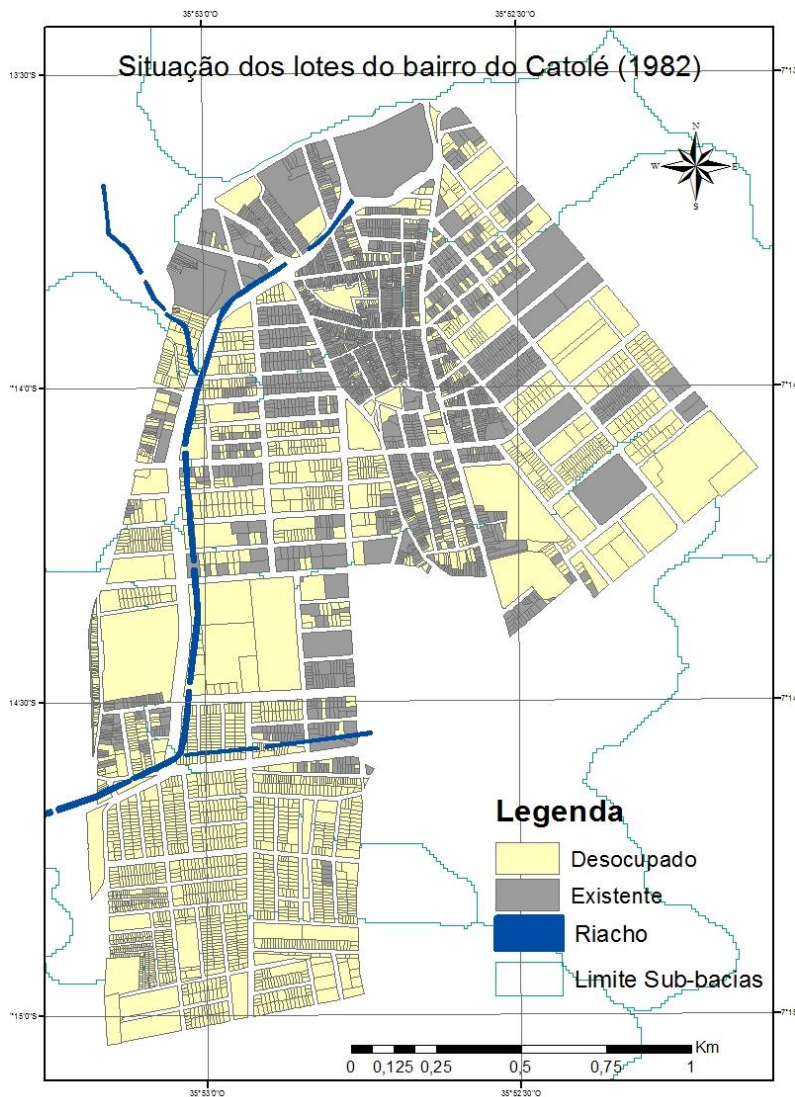


Figura 24: Ocupação do bairro do Catolé em 1982. Fonte: Santos (2015)

A década de 1990 é marcada pela instalação de importantes equipamentos urbanos no bairro: O Shopping Luiza Motta e o Parque da Criança. Além disso, também nesta década foi feita a canalização do Riacho do Prado, conforme apresentado na Figura 25. No contexto da urbanização sensível aos recursos hídricos, algumas considerações precisam ser feitas sobre estes equipamentos: a instalação de um centro comercial e de um grande parque no Catolé fornece ainda maior valorização à área; esta valorização é produto das ações dos *Empresários* e *Industriais* (com a construção do Shopping Luiza Motta) e do *Governo Municipal* (na instalação do Parque da Criança e na canalização do Riacho do Prado); na medida em que esta área se apresenta como um importante ponto de valorização da cidade, existe uma consequente atração pelo seu solo por parte dos *Promotores Imobiliários*; enquanto área ainda pouco ocupada, e tendo em vista que o Catolé, a partir desta década, passa a se configurar como uma nova

centralidade da cidade havia oportunidades de promoção de melhoria do uso da água por meio de intervenções nas novas edificações; na existência de um plano de ocupação e de controle de adensamento da área, esta questão poderia ter sido considerada. Além disso, a canalização do riacho reflete um aumento na distância entre ambientes construído e natural, e acarreta a resistência dos *Grupos Sociais Excluídos* que permanecem ocupando suas margens.

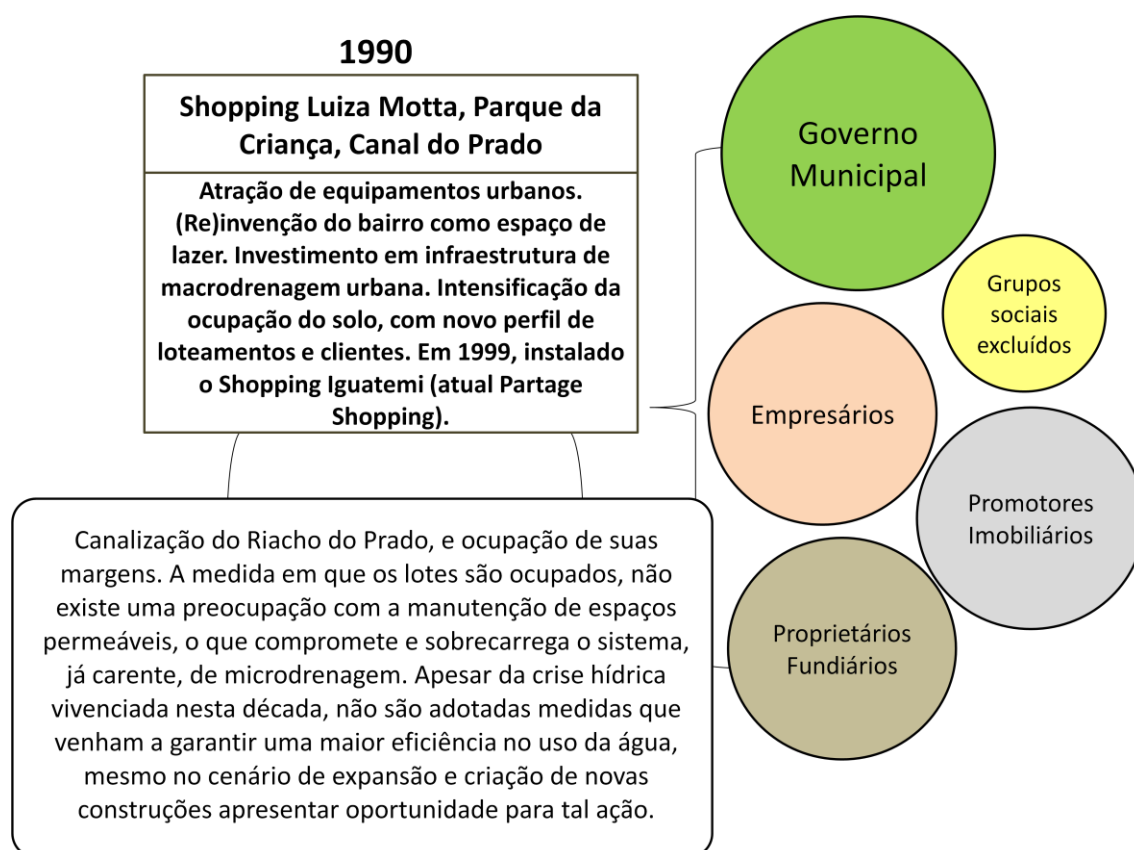


Figura 25: Intervenções urbanas no Catolé na década de 1990. Fonte: A autora

No final da década, com a construção do Shopping Iguatemi (atual Partage Shopping), o Catolé passa, de fato, a se configurar como uma área de valorização da cidade, visto que o Shopping Luiza Motta possuía apenas lojas de venda de produtos de fábrica. Conforme destaca Costa (2013), apesar do intenso processo de valorização, as infraestruturas do bairro até esta década não acompanhavam o mesmo ritmo de desenvolvimento, tendo apenas entre os anos de 1997 a 2000, recebido ampliação de 14.544 metros de sua rede de esgoto.

A década de 1990 foi marcada ainda pela ocorrência de um prolongado período de escassez hídrica, com ocorrência de racionamento de água na cidade. Apesar disso,

não foram observadas medidas que promovessem um melhor uso da água urbana no bairro, apesar da instalação de novos empreendimentos, que, diante da situação de vulnerabilidade hídrica da cidade, poderiam ter sido projetados para promover uma maior eficiência no uso da água.

Nos anos 2000, com diversos equipamentos urbanos já instalados no bairro, e com uma nova centralidade estabelecida, dá-se início a um processo intenso de verticalização. Conforme destacado por Costa (2013), nesta década houve a construção de, no mínimo, 19 edifícios com mais de quatro pavimentos no bairro. Na década anterior haviam sido construídos apenas dois. Cabe ressaltar que os moradores dos empreendimentos verticais sentem com menor intensidade o risco ao desabastecimento, uma vez que as edificações são dotadas de grandes reservatórios. Conforme destaca Grande (2016), existe um contexto de injustiça hídrica em Campina Grande e de apropriação assimétrica da água. A Figura 26 apresenta a síntese dos processos de ocupação do Catolé nos anos 2000.

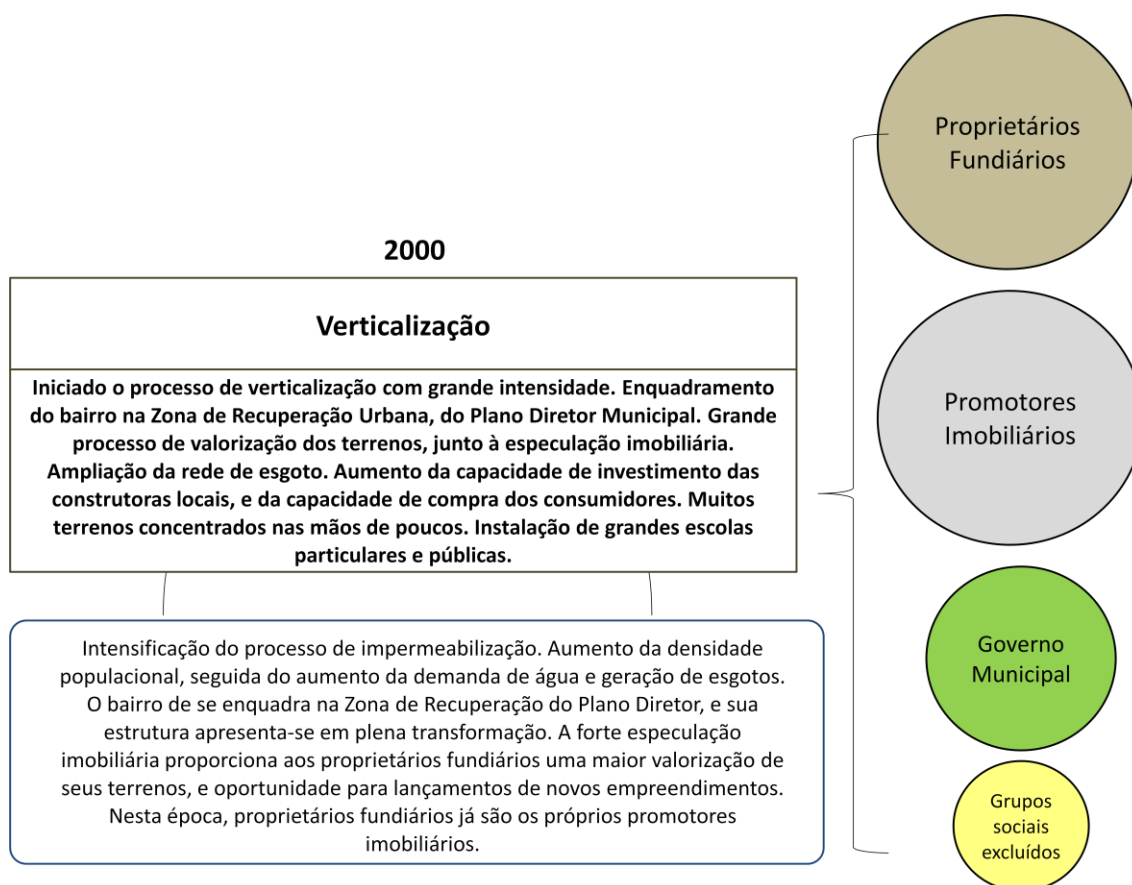


Figura 26: Intervenções urbanas no Catolé na década de 2000. Fonte: A autora

O *Governo Municipal* já tem participação menos expressiva nesta década, e as ações dos *Proprietários Fundiários* e *Promotores Imobiliários* passam a dominar o mercado da construção no bairro. Esta afirmativa tem relação com o fato do *Governo Municipal* ter realizado menos intervenções no bairro nesta década, atuando enquanto regulador, mas não apresentando obras ou ações de relevância que promovessem algum tipo de alteração na dinâmica de construção que vinha sendo observada, por intermédio da verticalização. A partir do domínio dos *Proprietários Fundiários* e dos *Promotores Imobiliários* dá-se início ao lançamento de empreendimentos residenciais verticais, em um processo acelerado de verticalização que até os dias atuais é vivenciado. Através dessas ações, dá-se início, portanto, ao processo de adensamento populacional no bairro. Os *Grupos Sociais Excluídos* permanecem se expressando enquanto agentes transformadores do espaço até o período atual (2010-atual), mantendo-se em ocupações informais. E, por fim, contrariamente à dinâmica observada no Catolé, o *Plano Diretor Municipal* o enquadra na *Zona de Recuperação Urbana*.

Na última década analisada, década atual (2010-atual), o Catolé já é consolidado enquanto área de valorização da cidade (Figura 27).

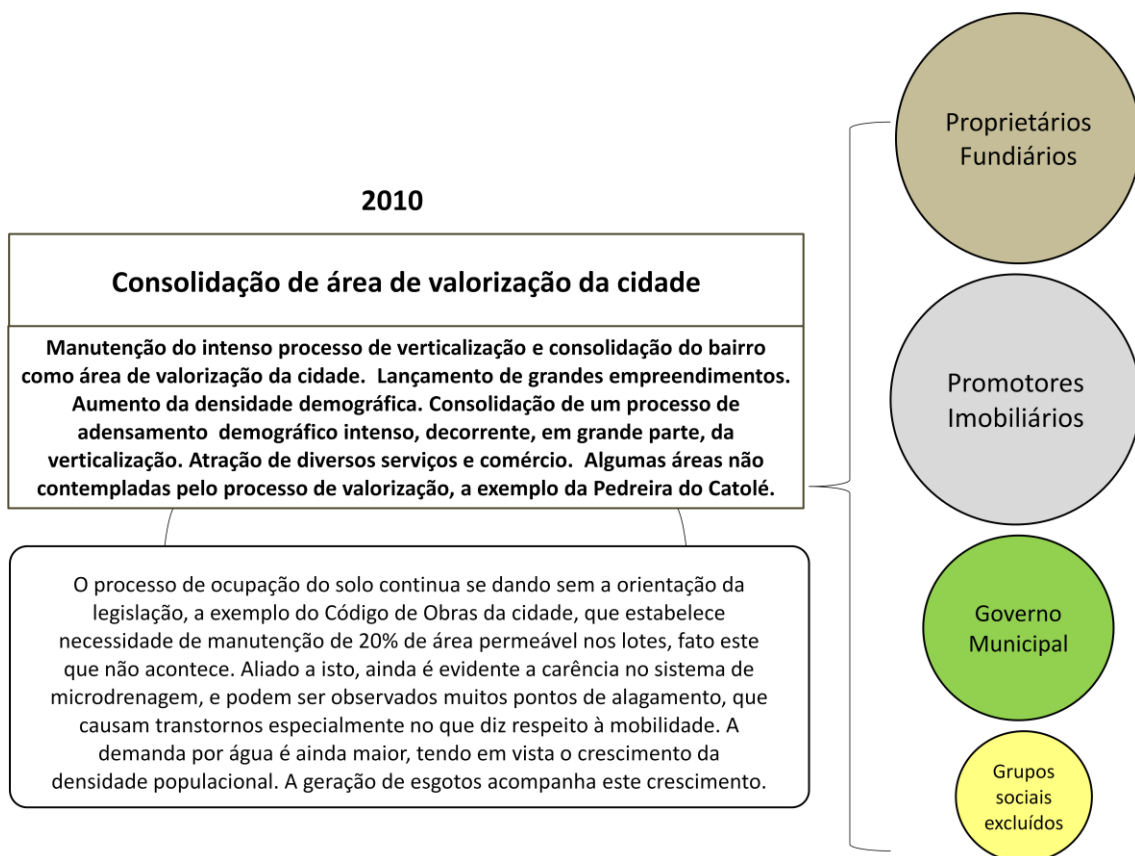


Figura 27: Intervenções urbanas no Catolé na década de 2010 - atual. Fonte: A autora

O processo de verticalização tem continuidade, e as figuras responsáveis por este processo são os *Proprietários Fundiários* e os *Promotores Imobiliários*. A atuação do *Governo Municipal* se restringe à regulação urbanística. O adensamento populacional do bairro é o segundo maior da cidade (BARROS, 2013), ficando atrás apenas do bairro do Pedregal, que possui características distintas do Catolé, e seu adensamento é decorrente do processo de favelização. Segundo Santos (2015), entre os anos de 2011 e 2015, houve a construção de 272 novos domicílios tipo apartamento no Catolé.

Dentre outras consequências, o processo intenso de adensamento acarreta sobrecarga nas infraestruturas urbanas, a exemplo dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos, devido ao aumento da demanda de água e consequente geração de efluentes. Além disso, o processo de impermeabilização decorrente da acelerada ocupação do solo acarreta no aumento dos fluxos de escoamento superficial, devido a redução da infiltração, distanciando a cidade de um sistema natural, tornando desarmônica a relação urbana com os recursos hídricos, uma vez que inundações e enchentes são severas consequências deste processo descontrolado.

Data ainda da última década analisada a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade. Embora ainda não esteja aprovado na data de publicação desta dissertação, o instrumento apresenta relevantes contribuições à cidade em direção a uma maior aproximação aos recursos hídricos, e redução à vulnerabilidade ao desabastecimento de água. O documento se configura como importante elemento para o conhecimento das demandas atuais e futuras, reduções de perdas no sistema de abastecimento, e especialmente, as medidas apresentadas, se implementadas, apresentam potencial de contribuição ao atendimento da universalização dos serviços de saneamento em Campina Grande.

A Figura 28 apresenta o mapa de ocupação do bairro do Catolé em 2017, evidenciando a intensa ocupação, e ainda a existência de alguns vazios, a exemplo de grandes lotes que podem ser observados na figura. Apesar do enquadramento do bairro na Zona de Recuperação Urbana no Plano Diretor Municipal, a taxa de ocupação dos lotes é superior ao estabelecido para esta zona, e, segundo afirmação de Santos (2015), esta taxa chega a ser superior a 90%. Isto evidencia ainda a fragilidade do *Governo Municipal* no que diz respeito à fiscalização do processo de ocupação do bairro, e da

inadequação desta ocupação aos parâmetros estabelecidos nos instrumentos urbanísticos, a exemplo da taxa de ocupação.

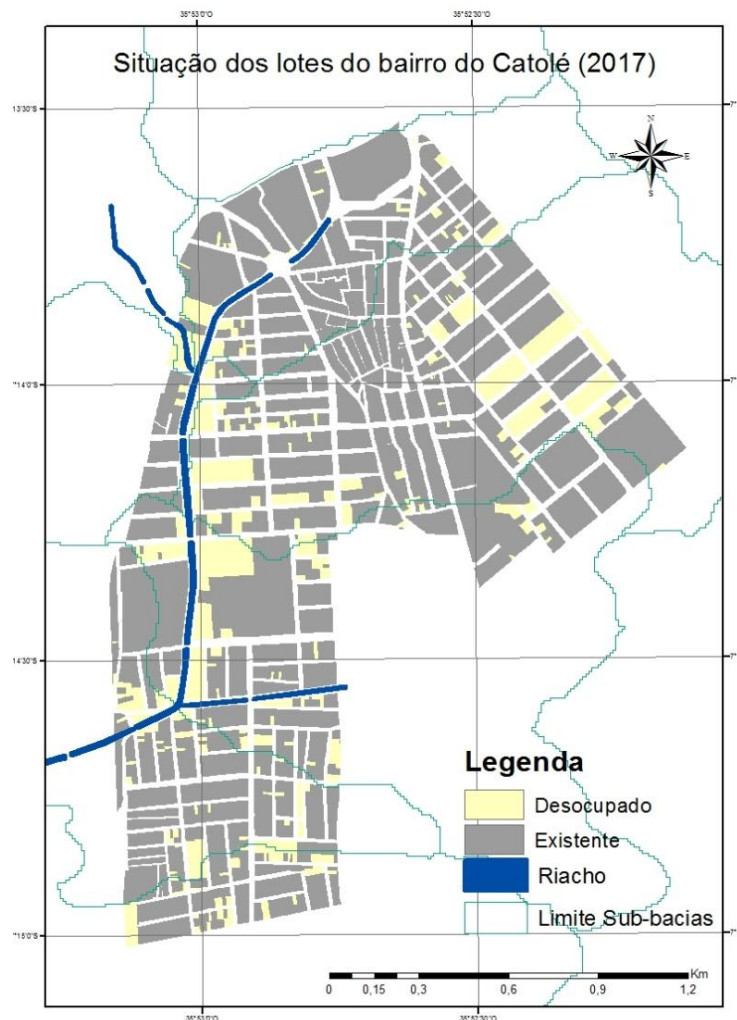


Figura 28: Ocupação do bairro do Catolé em 2017. Fonte: Adaptado de Santos (2015)

Por meio da análise das dinâmicas espaciais do bairro estudado é possível perceber a fragilidade de atuação do *Estado*, como agente regulador, e no estabelecimento de diretrizes e parâmetros para a promoção do desenvolvimento urbano equilibrado, principalmente no que concerne ao uso e ocupação do solo que poderiam conduzir a cidade para uma maior sensibilidade aos recursos hídricos. Ao mesmo tempo, fica evidente o crescente papel que os promotores imobiliários e proprietários fundiários vêm apresentando na condução dos processos de transformação espacial nas últimas décadas. Observando a Figura 29, é possível perceber que, ao longo do tempo, o Estado perde o seu papel de protagonismo na produção do espaço, ao surgirem novos agentes sociais que conduzem as transformações espaciais, especialmente os



Promotores Imobiliários e Proprietários Fundiários, que passam a ter uma maior relevância no processo.

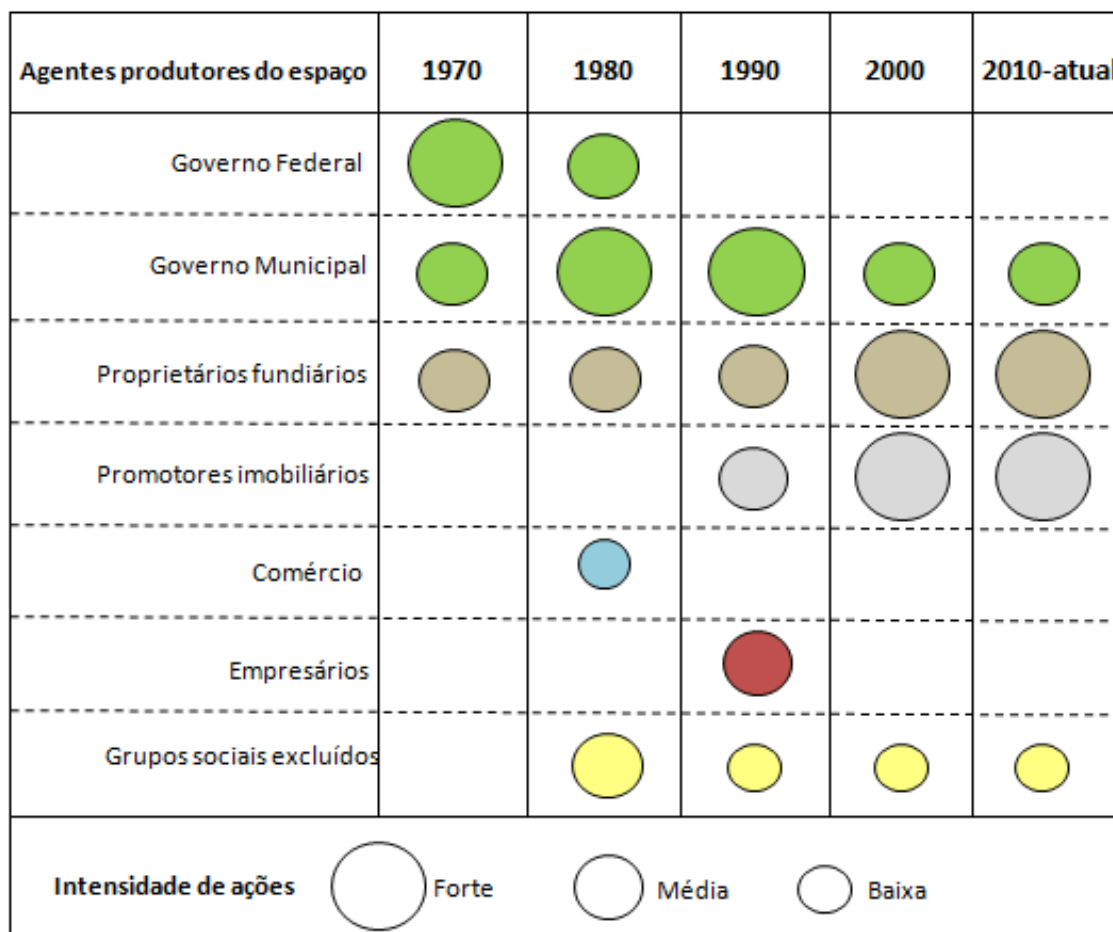


Figura 29: Síntese de intensidade de ações dos agentes produtores do espaço no Catolé

## 5.6 DIRETRIZES AO AUMENTO DA SENSIBILIDADE URBANA AOS RECURSOS HÍDRICOS

Este tópico se propõe a apresentar possíveis medidas à contribuição ao aumento da sensibilidade urbana aos recursos hídricos, de modo que as mesmas apresentem compatibilidade à realidade não apenas da cidade analisada, mas que possam ser replicadas a outros centros urbanos com características similares ao caso estudado.

### 5.6.1 *Uso descentralizado de água de chuva*

Conforme apresentado pelos indicadores de desempenho hidrológico de Campina Grande, a cidade possui capacidade de diversificação hídrica por meio da captação de água de chuva. Conforme estudo de Souza (2015), utilizado na geração dos cenários de melhoria de desempenho, a partir da instalação de cisternas em residências

unifamiliars, é possível chegar a um percentual de até 11,35% de economia anual de água do sistema centralizado de abastecimento.

Medidas como incentivos econômicos para a instalação de cisternas se apresentam como uma alternativa neste cenário. Proporcionar descontos na aquisição de materiais, e fornecer uma equipe técnica qualificada para a instalação das cisternas nas residências são ações que poderiam ser viabilizadas pelo Governo Municipal.

Além disso, os instrumentos de planejamento urbanístico da cidade poderiam vir a contemplar a instalação de cisternas como condicionante ao licenciamento de execução de futuras obras. Desse modo, o planejamento urbano estaria associado à Política Nacional de Recursos Hídricos, que no ano de 2017 passou a contemplar como um de seus objetivos incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. Cabe ressaltar que o Plano Municipal de Saneamento Básico do município não apresenta diretrizes neste sentido.

#### ***5.6.2 Reúso descentralizado de água residuária***

Uma central de tratamento de águas residuárias para reúso demandaria recursos financeiros que, talvez, não fossem compensados para o contexto municipal. Além disso, exigiria a criação de uma nova rede de distribuição, além de demandar tratamentos específicos para cada finalidade de reúso pretendida. Portanto, esta iniciativa exige uma análise técnico-financeira detalhada para analisar viabilidade ou não de aplicação. A proposta de adoção de sistemas descentralizados de reúso se apresenta como interessante alternativa à redução das pressões sobre o sistema de abastecimento centralizado de água potável. Conforme indicam os cenários simulados, esta redução de dependência varia de 3,29 a 11,85% quando calculados os indicadores para as situações de reúso de 5 e 20% da água residuária, respectivamente.

Na cidade de Campina Grande existem grupos que se apresentam como potenciais para a aplicação da captação e uso descentralizado de águas residuárias, tais como os condomínios horizontais, que tem se apresentado como uma tendência no crescimento urbano de Campina Grande, e as indústrias, que demandam uma grande quantidade de água para os seus sistemas de resfriamento. Para cada uma das finalidades de uso da água residuária, é possível estabelecer a qualidade necessária e cumprimento aos parâmetros de potabilidade exigidos para o fim a que se deseja

destinar o uso da água, e os grupos de potencial aplicação da descentralização passam a contribuir isoladamente para a melhoria do desempenho hidrológico da cidade. O reúso de águas residuárias também não é considerado no Prognóstico do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande.

### ***5.6.3 Parcerias com a indústria***

As indústrias se apresentam como grandes consumidores de água. Apesar disso, os custos das contas de água de grandes indústrias, muitas vezes, podem ser irrisórios quando comparados às demais despesas e até mesmo à receita mensal do setor industrial. No entanto, o risco e o custo de paralisar as atividades industriais em decorrência da falta de água, e até mesmo diante de um colapso hídrico, como o que quase foi vivenciado por Campina Grande em 2017, apresenta-se como condicionante à adoção de medidas que proporcionem maior segurança à disponibilidade de água.

Medidas como captação de água de chuva e reúso de águas residuárias são interessantes alternativas ao setor industrial. Em relação ao reúso, uma possibilidade viável é o estabelecimento de parcerias entre a indústria e a concessionária responsável pelos serviços de saneamento (no caso de Campina Grande, a CAGEPA). Esta parceria visaria proporcionar a construção de sistemas de reúso que fossem financiados pela indústria que, por sua vez, pudesse ser beneficiada pelo recebimento da água tratada. Uma iniciativa deste modelo tem sido apresentada em Campina Grande, por meio de recente parceria firmada entre a Coteminas e a CAGEPA, onde a indústria tem sido a responsável pela construção do sistema, que será, futuramente, operado pela referida concessionária.

### ***5.6.4 Intervenções em novos empreendimentos habitacionais***

Conforme apresentado no Capítulo 5, 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. Deste modo, destaca-se aqui a oportunidade de conceder uma melhoria no desempenho hidrológico da cidade por meio de intervenções nos novos empreendimentos habitacionais, sejam residências unifamiliares, condomínios horizontais, verticais, ou conjuntos habitacionais.

As intervenções em novos empreendimentos podem estar relacionadas tanto à captação de água de chuva, reúso de águas residuárias, ou mesmo ao controle da demanda de água, conforme estudos apresentados no Capítulo 5. Para isto, é necessário um conjunto de ações do poder público, especialmente do Governo Municipal, referentes ao incentivo de promoção dessas ações. Deste modo, os novos empreendimentos habitacionais a serem instalados na cidade poderiam ser contemplados com determinadas exigências a sua aprovação e consequente licenciamento. Além disso, os mesmos poderiam contar ainda com incentivos que garantissem descontos progressivos ao licenciamento na medida em que fossem adotadas ações de melhoria do uso da água.

Um grande exemplo de oportunidade para a contribuição das medidas que estão sendo descritas neste capítulo é o Complexo Multimodal Aluizio Campos, localizado na cidade de Campina Grande, compreendendo uma área de, aproximadamente, 124 hectares, destinadas à construção de 4.100 unidades habitacionais, 306 lotes para uso industrial, além de um Jardim Botânico e a Técnópolis, área destinada para fins de fomento à ciência, tecnologia e informação, e de aparelhos comunitários como escolas, postos de saúde, postos de polícia, praças, creches e igrejas. Apesar da grandiosidade da obra, que ainda está em andamento, os estudos evidenciam quaisquer iniciativas referentes à melhoria do uso da água urbana. Cabe ressaltar que a obra é uma iniciativa do Governo Municipal, em parceria com o Governo Federal a partir do programa Minha Casa Minha Vida.

#### ***5.6.5 Medidas legais para adaptação de edificações existentes***

Tão importante quanto promover o incentivo de mudanças no padrão de construção de novas edificações é adequar as edificações existentes para a contribuição de um uso mais eficiente da água urbana. Os instrumentos legais municipais de meio ambiente, uso e ocupação do solo e código de obras, por exemplo, poderiam contemplar a obrigatoriedade de adaptação das edificações da cidade, estabelecendo um intervalo de tempo para a adequação. Estas adaptações poderiam incluir as medidas apresentadas neste trabalho, como a captação de água de chuva e o reúso de águas residuárias, e ainda o emprego de mecanismos poupadores (a exemplo das aplicações de Guedes *et al.*, 2014; Barros *et al.*, 2016). Ainda, poderiam ser promovidas ações de educação

ambiental para os diversos setores urbanos que necessitassem de adequação de seus edifícios (tais como residencial, comercial, industrial, serviços, etc).

#### **5.6.6 Controle da ocupação do solo**

A ocupação do solo da cidade de Campina Grande, conforme visto nos resultados anteriores, assim como de muitas cidades brasileiras e de todo o mundo, não esteve relacionada à integração com os recursos hídricos. As medidas referentes ao controle da ocupação do solo são tímidas e ineficazes, não apresentando efetivação prática que conduza a uma organização territorial que respeite as infraestruturas ambientais e potencialize a sua integração às infraestruturas construídas.

Reforça-se a necessidade de promoção de medidas que garantam este controle. Estas medidas estão relacionadas desde a contemplação de parâmetros de controle de ocupação do solo urbano na legislação municipal, a exemplo dos índices de aproveitamento máximo permitidos e também o estabelecimento de limites à quantidade de pavimentos das edificações, controlando a verticalização em áreas potenciais de comprometimento à infraestrutura de saneamento, até a fiscalização da execução das obras, para que as mesmas estejam em conformidade aos parâmetros estabelecidos. Esta medida está, portanto, diretamente relacionada ao poder público, neste caso, ao *Governo Municipal*. Portanto é necessário que este agente intervenha e assuma o controle da produção do espaço, condicionando a ação dos demais agentes às diretrizes estabelecidas.

### **5.7 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO HIDROLÓGICO**

Conforme apontam os indicadores de desempenho hidrológico calculados para Campina Grande, assim como as diretrizes apontadas, existem possibilidades à contribuição a uma maior resiliência urbana em relação à água. Como os indicadores sintetizam uma informação quantitativa, este tópico se propõe a descrever qualitativamente oportunidades apontadas na literatura capazes de contribuir ao aumento à sensibilidade aos recursos hídricos da cidade, e também a uma nova avaliação quantitativa, a partir do cálculo dos novos indicadores a partir dos cenários simulados, conforme descrito no Capítulo 3. A Figura 30 apresenta uma síntese dos temas que serão abordados.

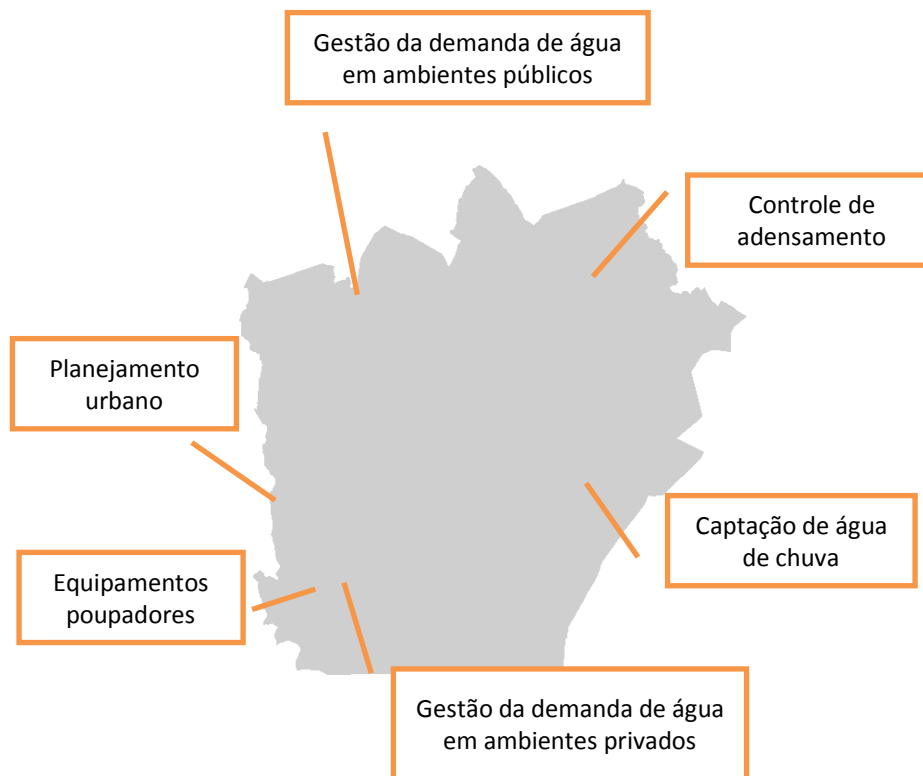


Figura 30: Oportunidades de contribuição ao aumento da sensibilidade aos recursos hídricos em Campina Grande. Fonte: A autora

Conforme apontado no Capítulo 4, o crescimento urbano de Campina Grande tanto enquanto vila, e posteriormente enquanto cidade não foi orientado por instrumentos urbanísticos. Estes, por sua vez, somente passaram a existir na cidade na década de 1970. Apesar da existência destes instrumentos, que futuramente foram revisados, reelaborados, assim como surgiram novos, ainda existe muita dificuldade nos tempos atuais em proporcionar um controle de ocupação do solo urbano na cidade.

Barros *et al.* (2015) apontam a existência de lacunas na legislação urbanística da cidade, além de evidenciar ausência de medidas de controle de adensamento e da verticalização, e ainda discorre a respeito da ausência de articulação entre a legislação municipal e a preservação dos recursos naturais, ao mesmo tempo em que apresenta um percentual de economia de 10,42% de água captada pelo sistema de abastecimento por meio da adoção de mecanismos poupadores em edifícios multifamiliares no bairro do Catolé.

No mesmo contexto relativo ao planejamento urbano, Araújo (2012) evidencia que medidas relacionadas a este planejamento, com foco no controle do adensamento, são de fundamental importância para a minimização do comprometimento das

infraestruturas hidráulicas da cidade de Campina Grande, e conseqüentemente à preservação dos recursos hídricos. Por meio do cálculo da demanda de água para cenários de médio e longo prazos no que diz respeito à verticalização, Araújo (2012) aponta possível comprometimento da capacidade do sistema em suprir novas demandas, em decorrência de uma ausência do controle do adensamento.

Em relação à estratégia de gestão de recursos hídricos a partir da instalação de equipamentos poupadores, além de Barros *et al.*(2015), Guedes *et al.* (2014) evidenciam um percentual de até 33,64% de redução da demanda de água do sistema de abastecimento considerando apenas o emprego dos equipamentos em residências. Quando calculado para o setor público, o percentual de economia de água calculado foi de 24,89%, considerando a aplicação no Hospital Universitário Alcides Carneiro.

Ainda no mesmo contexto de gestão da demanda de água, Soares (2013) calculou índices de redução de consumo de água na Universidade Federal de Campina Grande de até 50%, por meio da substituição das bacias sanitárias pelo sistema bi-comando (3/6 litros). Além disso, o autor aponta ainda índice de aproveitamento de até 32% através da captação de água de chuva para a utilização em bacias sanitárias nas edificações da universidade.

A captação de água de chuva em residências unifamiliares foi estudada por Souza (2015), que calculou percentuais de economia de água do sistema de abastecimento de 9,35 % e 11,35% em seus cenários mais otimistas.

Cada um dos mencionados estudos apresenta contribuição à melhoria do desempenho hidrológico da cidade de Campina Grande. Cada um deles, no caso de convergência em ação, de modo isolado, representariam impactos positivos no desempenho hidrológico da cidade. Porém a combinação das soluções apontadas nos estudos direcionaria uma maior sensibilidade aos recursos hídricos.

Conforme descrito no Capítulo 3, para a avaliação da melhoria do desempenho hidrológico urbano, foram analisadas séries de combinações a partir dos resultados apresentados pelos autores citados. Dessa forma, foram selecionadas algumas informações para a composição de cenários de desempenho do sistema, conforme síntese indicada no Quadro 5 (Capítulo 3).

Com base nos resultados apresentados pelos autores citados, considerando uma combinação de soluções, os indicadores de desempenho hidrológico da cidade foram recalculados, e seus resultados são os apresentados no Quadro 9.

Quadro 9: Síntese dos resultados simulados para os cenários

	<b>Centralização do sistema (%)</b>	<b>Balanço entradas/saídas</b>	<b>Chuvas coletadas (%)</b>	<b>Volume anual economizado do sistema centralizado (m<sup>3</sup>)</b>
Cenário atual	100%	83,11 GL	0%	00,00
Cenário I	91,42%	86,53 GL	3,86%	2.600.263,04
Cenário II	89,79%	87,13 GL	4,67%	3.094.252,40
Cenário III	96,71%	84,72 GL	-	997.070,56
Cenário IV	88,15%	87,76 GL	-	3.591.272,38
Cenário V	68,43%	104,00 GL	-	9.567.634,51
Cenário VI	87,54%	84,81 GL	3,86%	3.776.139,56
Cenário VII	79,76%	87,46 GL	3,86%	6.133.953,83
Cenário VIII	79,71%	103,68 GL	3,86%	6.149.106,88
Cenário IX	85,88%	84,99 GL	4,67%	4.279.220,76
Cenário X	78,33%	88,04 GL	4,67%	6.567.331,00
Cenário XI	57,19%	104,28 GL	4,67%	12.974.039,70

Fonte: A autora

Este Quadro apresenta ainda os indicadores calculados considerando a situação atual, evidenciando como é o desempenho do sistema atualmente e como poderia ser. Ressaltando que, para esta análise, foi considerado o indicador de *Centralização do abastecimento de água* e o *Balanço de entradas e saídas*. Para os cenários I e II, que consideram a captação de água de chuva, foi calculado ainda o indicador de *Chuvas coletadas*. Para os cenários que possuem combinação de uso de água de chuva com os Cenários I e II, o indicador de *Chuvas coletadas* será igual. Com base nos resultados obtidos, foi ainda calculado o volume anual economizado do sistema centralizado de abastecimento.

Como apresentam os resultados da simulação, a centralização do sistema é reduzida a partir da adoção de uma ou mais fontes alternativas de água, o que proporcionaria uma redução significativa das pressões sobre o sistema de



abastecimento. Por meio da adoção do cenário mais otimista (Cenário XI), que diz respeito à captação e reúso de toda a água residuária da cidade, e do potencial máximo de captação de água de chuva em residências unifamiliares calculado por Souza (2015), a dependência do sistema centralizado de água seria reduzida para 57,19%, o que corresponderia a um volume anual de economia do sistema Boqueirão de, aproximadamente, 13 milhões de metros cúbicos.

Observando os Cenários I e II, percebe-se que através da coleta de apenas 3,86 e 4,67% da precipitação, já são apresentadas reduções significativas da dependência do sistema centralizado (em torno de 10%), correspondendo a volumes anuais de economia de água de, aproximadamente, 3 milhões de metros cúbicos, e incrementos no balanço de entradas e saídas.

Em relação aos Cenários III, IV e V que consideram, respectivamente, a captação de 5, 20 e 100% de águas residuárias para reúso em fins não potáveis urbanos, evidencia-se que mesmo pequenas ações (através de pequenas captações) são capazes de contribuir para a redução da dependência do sistema centralizado, e consequentemente de proporcionar economias anuais de demanda de água potável. Claramente o Cenário V diz respeito a uma situação hipotética da captação e tratamento de toda a água residuária para reúso, o que demandaria recursos financeiros possivelmente não muito atrativos para o contexto municipal. Ainda assim, foi considerado por se julgar importante analisar as máximas potencialidades de melhoria do desempenho do sistema.

A respeito dos cenários que consideram combinações de utilização de águas de reúso, água de chuva, e ainda a redução de 10,42% da demanda de água por meio da adoção de equipamentos poupadores (Cenários VI, VII, VIII, IX, X e XI), os mesmos evidenciam quantitativamente a redução da relação de dependência do sistema centralizado a partir da diversificação hídrica, o que se reflete também no incremento do balanço de entradas e saídas, ou seja, quanto maior a diversificação de fontes, melhor será o desempenho do sistema.

Os gráficos presentes Figuras 31, 32 e 33 apresentam a síntese dos resultados dos cenários discutidos.

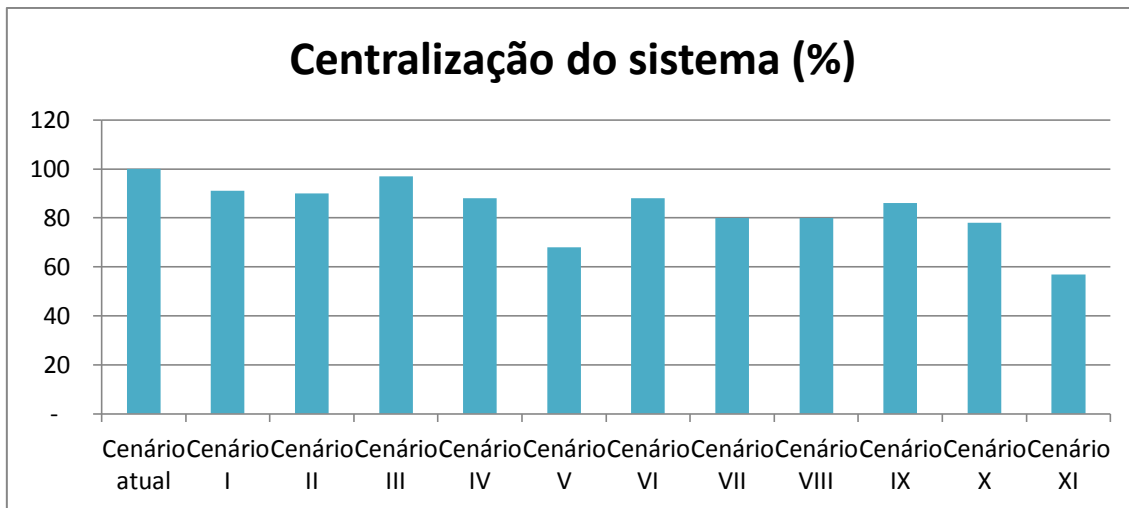


Figura 31: Variação de centralização do sistema de acordo com os cenários simulados. Fonte: A autora

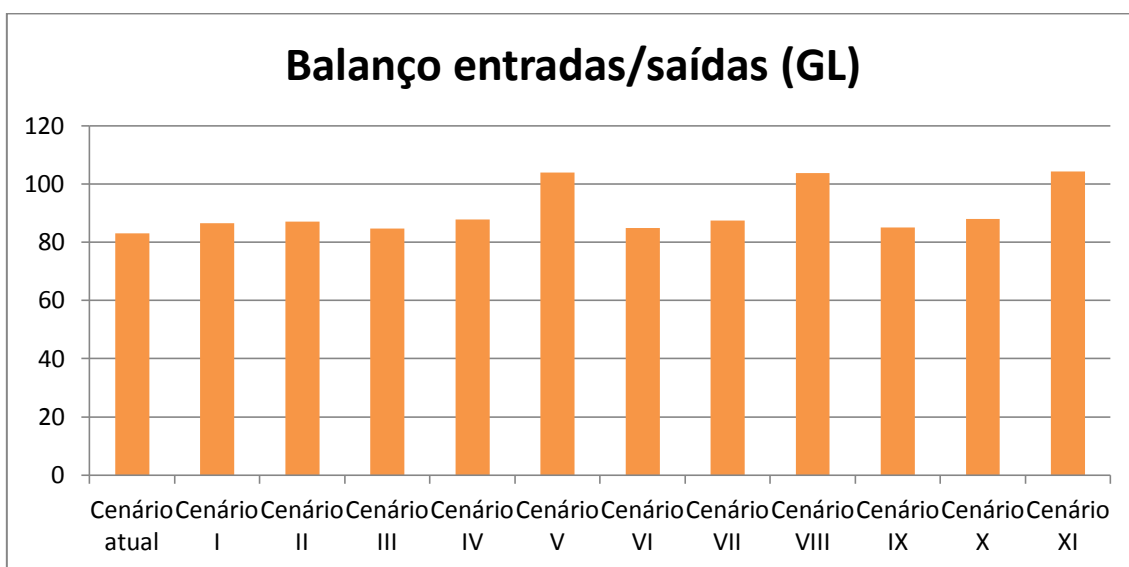


Figura 32: Balanço de entradas e saídas de fluxos para os cenários simulados. Fonte: A autora

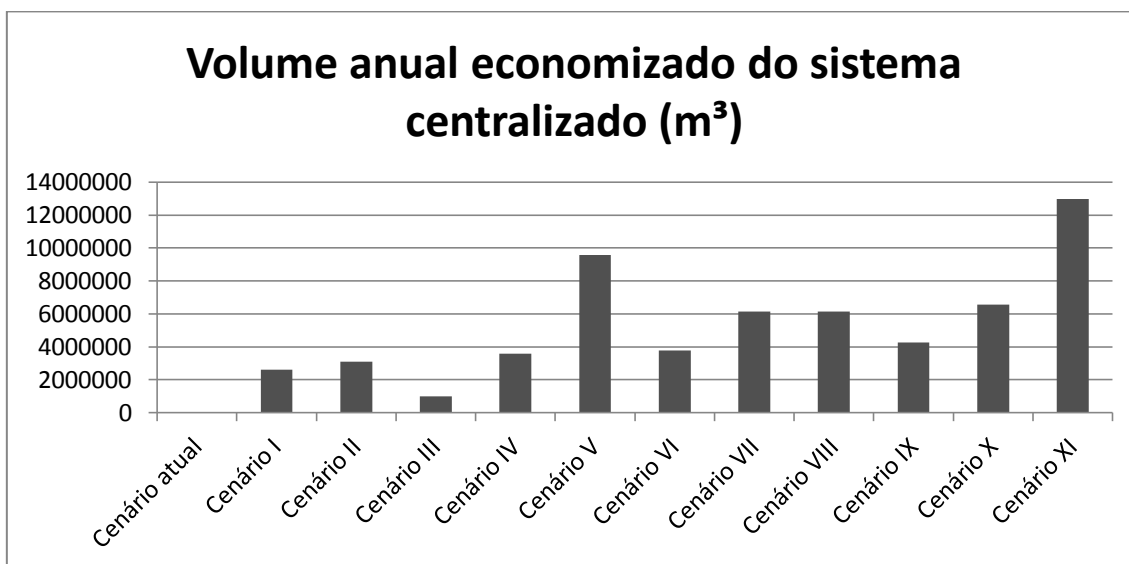


Figura 33: Volume anual economizado do sistema centralizado de acordo com os cenários simulados

## **CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As análises presentes neste trabalho tornam possível constatar que é de fundamental importância melhorar as conexões entre a produção do espaço urbano e a preservação dos recursos hídricos. Como visto, não são evidenciadas quaisquer ações referentes a garantias de melhoria no uso da água urbana no processo de ocupação territorial, o que se revela como muito mais que uma ausência de integração ou de preocupação com a questão hídrica urbana, se configurando como um hábito histórico socialmente construído. Contudo, existe uma necessidade urgente de ruptura desta convenção com vistas a garantias de uma maior resiliência urbana em relação à água.

Conforme apresentado quantitativamente por meio dos cenários referentes aos indicadores de desempenho hidrológico urbano, Campina Grande apresenta oportunidades de minimizar a sua dependência do sistema Boqueirão, sendo capaz de demandar menos água do sistema de abastecimento centralizado e, desta forma, se preparar para vivenciar com menor vulnerabilidade os prolongados períodos de estiagem.

Por meio da adoção de uma combinação de ações de melhoria do desempenho hidrológico, é possível economizar, anualmente, até 21,70% do sistema de abastecimento de água, considerando o reúso de apenas 20% de toda a água residuária gerada, e a captação de 4,67% da água de chuva. Isto evidencia não só a importância da gestão local para o sistema de gestão dos recursos hídricos, como também a necessidade de sensibilização de todos os agentes locais para locais para este potencial. Visto que pequenas ações, realizadas em âmbito municipal, são capazes de contribuir com a redução significativa da pressão sobre o sistema centralizado de água. Se considerarmos a pressão da demanda de Campina Grande sobre o sistema de Boqueirão, o impacto dessas medidas torna-se ainda mais relevante.

Comumente, a dificuldade de efetivação de ações referentes à promoção do aumento da sensibilidade urbana aos recursos hídricos é justificada pelo fato dos sistemas urbanos serem consolidados em relação à sua estrutura física, sendo apresentada como um grande desafio ou mesmo impossível a adoção de intervenções que contribuam com a melhoria do uso da água. Como apresentado neste trabalho, a desarticulação histórica entre planejamento urbano e uso da água se reflete como uma

realidade até os dias atuais, mesmo Campina Grande tendo recentemente quase vivenciado um colapso hídrico.

A completa desestruturação para um planejamento e gestão urbanos sensível aos recursos hídricos pode ser constatada por meio do resgate histórico da produção do espaço do bairro do Catolé na década de 1990, quando mesmo diante de um dos mais prolongados períodos de escassez hídrica vivenciados pela cidade, a construção das novas edificações não considerou a adoção de quaisquer ações referentes à melhoria do desempenho hidrológico urbano, não preparando seus grandes empreendimentos habitacionais a uma adaptação ao contexto de escassez de água. Atualmente as novas edificações continuam sendo construídas considerando o mesmo padrão. Logo, claramente pode ser constatada uma histórica desconexão entre a crescente necessidade de provisão de recursos hídricos e a produção do espaço.

A análise dos arranjos espaciais na cidade revela a grande distância de um urbanismo mais sensível aos recursos hídricos. A ocupação do solo urbano é fortemente determinada pelos interesses locais, por meio da ação de agentes, personalizados nas figuras dos *Proprietários Fundiários* e dos *Promotores Imobiliários*. Deste modo, os interesses especulativos, são mais importantes que a adoção de medidas que garantam uma maior eficácia ao uso da água. Além disso, esta análise ainda reforça a distância da atuação do *Governo Municipal* em relação às intervenções e ao controle referentes à produção do espaço, o que ressalta a necessidade de que este agente reassuma um papel de protagonismo neste processo.

A identificação dos conflitos entre o ambiente construído e os recursos hídricos permite ainda afirmar que diante desta configuração, em que o solo urbano se apresenta como produto da mercantilização e dos interesses privados, mesmo a cidade apresentando potencial para se tornar mais sensível aos recursos hídricos, as ações referentes à melhoria do desempenho hidrológico urbano dificilmente serão realizadas, e a dependência por grandes obras hidráulicas com custos bilionários aos cofres públicos e impactos ambientais imensuráveis continuarão sendo uma realidade. Ao mesmo tempo, a análise permite ressaltar que, ainda assim, é possível sensibilizar especialmente os agentes locais para a adoção das medidas que melhorem o desempenho hídrico.

Por fim, tendo em vista o exposto neste trabalho, são apresentadas algumas sugestões para pesquisas futuras que podem aprofundar a abordagem em determinadas variáveis:

- Sugere-se realizar a análise da dinâmica urbana de outros bairros da cidade, com diferentes tipologias da que aqui foi apresentada, para fins de comparação em relação à atuação dos diferentes agentes promotores da ocupação do espaço, identificando os grupos de poder, e os possíveis conflitos decorrentes de suas ações aos ambientes natural e urbano.
- Em relação ao reúso de águas residuárias, sugere-se o desenvolvimento de estudo de viabilidade técnico-financeira de aplicação da ação em determinados grupos potenciais à descentralização na cidade, tais como os condomínios horizontais, verticais e as indústrias. Uma possibilidade seria a avaliação do potencial de reúso de águas residuárias do Distrito Industrial, por meio de um sistema centralizado para o atendimento à indústria.
- Conforme visto no Capítulo 4, Campina Grande se apresenta como uma cidade referência no que diz respeito à educação, possuindo grandes universidades, que recebem, anualmente, estudantes de todo o Brasil. É comum nas cidades universitárias uma demanda sazonal de população que é sub-registrada nos períodos censitários. Além disso, há uma demanda gerada pelos deslocamentos trabalho-estudo em função da centralidade de equipamentos escolares e de comércio e de serviços. Uma questão a ser explorada seria como essa condição sazonal poderá ser considerada no metabolismo urbano.
- Outra sugestão diz respeito à análise espacial dos indicadores na cidade, considerando a divisão do perímetro urbano em determinadas áreas e analisando o desempenho hidrológico de cada uma delas separadamente. Esta análise poderia ser associada à primeira sugestão aqui descrita, como forma de desenvolver um estudo similar ao apresentado nesta dissertação, descrevendo ações potenciais a cada uma das áreas analisadas para torná-las mais sensíveis aos recursos hídricos.
- Com base na discussão neste trabalho estabelecida, observa-se que existiria uma complexidade ainda maior associada às questões referentes ao aumento da sensibilidade urbana aos recursos quando observada a forte tendência à

privatização das agências de água e saneamento. Dessa forma, uma outra sugestão de estudo diz respeito à análise do interesse dos agentes privados na diminuição das demandas, e de que modo essas agências se adequariam a uma gestão municipal mais protagonista do seu papel na condução de cidades mais sensíveis aos recursos hídricos.

- A análise da sensibilidade urbana aos recursos hídricos estabelecida neste trabalho está relacionada às questões referentes ao abastecimento de água. Sugere-se, por fim, realizar estudo que envolva a variável drenagem de águas pluviais, envolvendo os corpos hídricos urbanos, com a finalidade de analisar a relação de integração entre a cidade e a paisagem hídrica sob a perspectiva da drenagem, indicando possíveis medidas a serem adotadas para o aumento da sensibilidade urbana aos recursos hídricos, especialmente em áreas mais suscetíveis a alagamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (2016b). **Usuários Outorgados no Município de Campina Grande**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/consultas/listaUsuarios>>. Acesso em Outubro de 2017.

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, E. **História de Campina Grande**. 2 ed. João Pessoa: UFPB, 1962.

ALMEIDA, M. **Políticas públicas da habitação e do transporte: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Escola de Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1989.

ANTROP, M. **Landscape change and the urbanization process in Europe**. Landscape. Urban Plann. 67 (1–4), 9–26. 2004.

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

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. Vol 21, nº 1. 251-262. 2016.

BONATES, M. F. **Leis que (des) orientam o processo de verticalização: Transformações urbanas em Campina Grande à revelia da legislação urbanística**. In: XI Colóquio Internacional de Geocrítica, Buenos Aires, 2010. Disponível em:

<<http://eventos.filo.uba.ar/index.php/geocritica/2010/paper/view/517>> Acesso em: 12 nov. 2017.

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.**

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

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

BOTELHO, A. **O urbano em fragmentos: A produção do espaço e da moradia pelas práticas do setor imobiliário.** São Paulo. Annablume; Fapespe. 2007.

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

BRUNNER, P.H. **Reshaping urban metabolism.** Journal of Industrial Ecology 11, 11e13. 2007.

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

CAMPINA GRANDE. **Lei Nº 4130, de 07 de agosto de 2003.** Código de obras - dispõe sobre o disciplinamento geral e específico, dos projetos e execuções de obras e instalações de natureza técnica, estrutural e funcional de campina grande e dá outras providências.

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

CARDOSO, M.F.T.C. **Campina Grande e sua função como capital regional.** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, IBGE, ano XXV, nº 4, 417-451. 1963.



CARLOS, A.F.A.. **Dinâmicas urbanas na metrópole de São Paulo**. In: América Latina: cidade, campo e turismo. Amalia Inés Geraiges de Lemos, Mónica Arroyo, María Laura Silveira. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, San Pablo, 2006.

CHRYSOULAKIS, N., LOPES, M., SAN JOSÉ, R., GRIMMOND, C. S. B., JONES, M. B., MAGLIULO, V. **Sustainable urban metabolism as a link between biophysical sciences and urban planning: The BRIDGE project**. *Landscape and Urban Planning*, 112, 100–117. 2013.

CONKE, L.S., FERREIRA, T.S. **Urban metabolism: Measuring the city's contribution to sustainable development**. *Environmental Pollution*. Vol 202, 146-152.

CORRÊA, R. **Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão**. In: CARLOS, A. F., SPOSITO, M.E.B. (orgs). *A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios*. São Paulo: Contexto, 2012.

CORRÊA, R. **Processos, formas e interações espaciais**. *Revista Brasileira de Geografia*. v. 61, n. 1, p. 127-134. 2016.

COSTA, L.B. **Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013

CUTTER, S.;R, S. L.; BARNES, L.; BERRY, M. et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 598-606. 2008.

DESOUZA, K. C., & FLANERY, T. H. **Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework**. *Cities*, 35, 89–99. 2013.

FAROOQUI, T. A., RENOULF, M., KENWAY, S. **A metabolism perspective on alternative urban water servicing options using water mass balance**. *Water Research*, 106, 415-428. 2016.

FEITOSA, F.A.C., DINIZ, J.A.O. **Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira**. In: *Anais do II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo*. São Paulo. 2011.

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

GUEDES, M. J. F. **Gerenciamento da Demanda de Água: Proposta de Alternativas na Escala de uma Cidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2009.

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, nº 3. 51-62. 2014.

HAASE, D. **Effects of urbanisation on the water balance – a long-term trajectory**. *Environ. Impact Assess. Rev.* 29 (4), 211–219. 2009.

HOGANN, D. J., MARANDOLA, E., OJIMA, R. **População e ambiente: desafios à sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

KENNEDY, C., STEINBERGER, J., GASSON, B., HANSEN, Y., HILLMAN, T., HAVRÁNEK, M., PATAKI, D., PHDUNGSILP, A., RAMASWAMI, A., MENDEZ, G.V. **Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities**. *Energy Policy* 38, 4828 - 4837. 2010.

KENNEDY, C., PINCETL, S., & BUNJE, P. **The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design**. *Environmental Pollution*, 159, 1965–1973. 2011.

KENNEDY, C., STEWART, I. D., IBRAHIM, N., FACCHINI, A., MELE, R. **Developing a multi-layered indicator set for urban metabolism studies in megacities**. *Ecological Indicators*, 47, 7-15. 2014.

KENNEDY, C. A., STEWART, I., FACCHINI, A., CERSOSIMO, I., MELE, R., CHEN, B., SAHIN, A. D. **Energy and material flows of megacities**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 5985–5990. 2015.

KENWAY, S., GREGORY, A., MCMAHON, J. **Urban water mass balance analysis.** Journal of Industrial Ecology, 15, 693–706. 2011.

LEFEBVRE, H. **La production de l'espace.** Paris, Ed anthropos, 1974.

LEFEBVRE, H. **A revolução urbana.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

LORZ, C., ABBT-BRAUN, F.H., BAKKER, F., BÖRNICK, H., FORTES, L., FRIMMEL, F.H., GAFFRON, A., HEBBEN, N., HÖFER, R., MAKESCHIN, F., NEDER, K. **Challenges of an integrated water resources management for the Distrito Federal, Western Central Brazil: climate, land-use and water resources.** Environmental Earth Sciences. Vol 65, 1575-1586. 2012.

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

MARTELEIRA, R., PINTO, G., NIZA, S. **Regional water flows – Assessing opportunities for sustainable management.** Resources, Conservation and Recycling. 82, 63– 74. 2014

MENESES, R. A.. **Diagnóstico Operacional de Sistemas de Abastecimento de Água: o caso de Campina Grande.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2011.

MIRANDA, L.I.B. **Produção do espaço e planejamento em áreas de transição rural-urbana: o caso da Região Metropolitana de Recife – PE.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008.

PINCETL, S., MURPHY, S., BUNJE, M., BURNS, P., CHESTER, M., CIRCELLA, G., MCCOY, M. **Policy factsheet: New urban metabolism methodology to develop regional energy baseline.** California Centre for Sustainable Communities at UCLA. 2013.

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

RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. DO P. T.; RIBEIRO, M. M. R. **Uma análise da crise de 1998-2000 no abastecimento d'água de Campina Grande-PB.** (ABRH, Ed.)IV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. **Anais...**Natal: 2000

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.

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 do rio São Francisco para o açude Epitácio Pessoa – Boqueirão.** In: Anais XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis, ABRH, 2017.

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

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.

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.

SANTOS, K. A. **Análise multitemporal integrada da permeabilidade do solo nos bairros Catolé e Sandra Cavalcante em Campina Grande – PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.

SAVITCH, H.V., KANTOR, P. **Cities in the international Marketplace: The political economy of urban development in North American and Western Europe.** Princenton, NJ: Princenton University Press, 2002.

SERRAO-NEUMANN, S., RENOULF, M., KENWAY, S. J., LOW CHOY, D. **Connecting land-use and water planning: Prospects for an urban water metabolism approach.** Cities, 60, 13-27. 2017.

SILVA, I. A. **A crise da moradia.** In: A política habitacional para as classes de baixa renda de Campina Grande – PB. Ed. AGIR – UFPB. 1987.

SILVA, E.A.B., SUASSUNA, C.C.A., FURTADO, M.F.R.G., BEZERRA, O.G. **Resiliência e vulnerabilidade de cidades brasileiras: lições aprendidas com os desastres da região serrana do Rio de Janeiro e da Zona da Mata de Pernambuco.** In: Anais do VI Encontro Nacional da Anppas. Belém, 2010.

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.

SPOSITO, M. Encarnação Beltrão. **As cidades médias e os contextos econômicos contemporâneos.** In: Urbanização e cidades: perspectivas geográficas. Presidente Prudente: GAsPERR, 2001, v.1

THÉRIAULT, J., LAROCHE, A. **Evaluation of the Urban Hydrologic Metabolism of the Greater Moncton Region, New Brunswick.** Canadian Water Resources Journal Vol. 34(3): 255–268, 2009.

VAN LEEUWEN, C. J., FRIJNS, J., VAN WEZEL, A., VAN DE VEN, F. H. M. **City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle.** Water Resour Manage. 26, 2177-2197. 2012.

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.

WOLMAN, A. The Metabolism Of Cities. **Scientific American**, 213, 179-190, 1965.

WONG, T. H. F. **An Overview of Water Sensitive Urban Design Practices in Australia.** Water Practice & Technology Vol 1 No 1. 2006.

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

ZHANG, Y. **Urban metabolism: A review of research methodologies.** Environmental Pollution, 178, 463-473. 2013.