



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO INTEGRADA DE INTERVENÇÕES EM DRENAGEM
URBANA EM ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS: O CASO DA
BACIA DA RAMADINHA EM CAMPINA GRANDE/PB**

BERVYLLY LIANNE DE FARIAS SANTOS

29 DE ABRIL DE 2021
CAMPINA GRANDE, PB



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL



BERVYLLY LIANNE DE FARIAS SANTOS

**AVALIAÇÃO INTEGRADA DE INTERVENÇÕES EM DRENAGEM
URBANA EM ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS: O CASO DA
BACIA DA RAMADINHA 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: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão

Coorientador: Prof. Dr. Demostenes de Andrade Moraes

29 DE ABRIL DE 2021
CAMPINA GRANDE, PB.

S237a

Santos, Bervylly Lianne de Farias.

Avaliação integrada de intervenções em drenagem urbana em assentamentos precários: o caso da Bacia da Ramadinha em Campina Grande/PB / Bervylly Lianne de Farias Santos. – Campina Grande, 2021.

105 f. : il. : color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão; Coorientação: Prof. Dr. Demostenes de Andrade Moraes".

Referências.

1. Urbanização de Assentamentos Precários. 2. Intervenção de Drenagem Urbana. 3. Modelagem Hidráulica e Hidrológica. 4. Percepção Social e Técnica. I. Galvão, Carlos de Oliveira. II. Moraes, Demostenes de Andrade. III. Título.

CDU 911.375(043)

BERVYLLY LIANNE DE FARIAS SANTOS

**AVALIAÇÃO INTEGRADA DE INTERVENÇÕES EM DRENAGEM URBANA EM
ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS: O CASO DA BACIA DA RAMADINHA EM
CAMPINA GRANDE/PB**

Dissertação de mestrado apresentada 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.

Aprovada em 29/04/2021

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Carlos de Oliveira Galvão
Orientador – Universidade Federal de Campina Grande



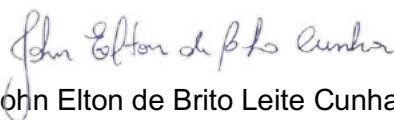
Prof. Demostenes Andrade de Moraes
Coorientador – Universidade Federal de Campina Grande



Profa. Stella Maris da Cruz Bezerra
Examinadora Externa – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profa. Érica Cristine Medeiros Machado
Examinadora Externa – Universidade Federal de Campina Grande



Prof. John Elton de Brito Leite Cunha
Examinador Interno – Universidade Federal de Campina Grande



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL AMBIENTAL
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

1. **ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

2. **ALUNA: BERVYLLY LIANNE DE FARIAS SANTOS / COMISSÃO EXAMINADORA: DR. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO - PPGECA/UFCG (PRESIDENTE) - ORIENTADOR, DR. DEMÓSTENES DE ANDRADE MORAES – UFCG – COORIENTADOR, DR. JOHN ELTON DE BRITO LEITE CUNHA – PPGECA/UFCG – EXAMINADOR INTERNO, DR.ª STELLA MARIS DA CRUZ BEZERRA – UTFPR – EXAMINADORA EXTERNA, DR.ª ÉRICA CRISTINE MEDEIROS MACHADO - UFCG - EXAMINADORA EXTERNA (PORTARIA 23/2021). / TITULO DA DISSERTAÇÃO: “AVALIAÇÃO INTEGRADA DAS INTERVENÇÕES EM DRENAGEM URBANA NA BACIA DA RAMADINHA EM CAMPINA GRANDE/PB” / ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL / HORA DE INICIO: 09:00 HORAS / FORMA DA SESSÃO: POR VÍDEO CONFERÊNCIA.**

3. **EM SESSÃO REALIZADA POR VÍDEO CONFERÊNCIA, APÓS EXPOSIÇÃO DE CERCA DE 40 MINUTOS, A ALUNA FOI ARGUIDA ORALMENTE PELOS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA, TENDO DEMONSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTO E CAPACIDADE DE SISTEMATIZAÇÃO NO TEMA DE SUA DISSERTAÇÃO, SENDO-LHE ATRIBUÍDA O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA”, SENDO QUE A POSSIBILIDADE DE APROVAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À AVALIAÇÃO DA NOVA VERSÃO DO TRABALHO FINAL, SEGUINDO PROCEDIMENTOS PREVISTOS NA RESOLUÇÃO DO PROGRAMA. O PRESIDENTE DA COMISSÃO EXAMINADORA, OUVIDOS OS DEMAIS MEMBROS DA COMISSÃO, DEVERÁ FICAR RESPONSÁVEL POR ATESTAR QUE AS CORREÇÕES SOLICITADAS NA LISTA DE EXIGÊNCIAS FORAM ATENDIDAS NA VERSÃO FINAL DO TRABALHO. A COMISSÃO EXAMINADORA CUMPRINDO OS PRAZOS REGIMENTAIS, ESTABELECE UM PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS PARA QUE SEJAM FEITAS AS ALTERAÇÕES EXIGIDAS. APÓS O DEPÓSITO FINAL DO DOCUMENTO DE DISSERTAÇÃO, DEVIDAMENTE REVISADO E MEDIANTE ATESTADO DO ORIENTADOR, ESTE CONCEITO PASSARÁ IMEDIATAMENTE PARA O CONCEITO “APROVADO”. NA FORMA REGULAMENTAR, FOI LAVRADA A PRESENTE ATA, QUE É ASSINADA POR MIM, WELLINGTON LAURENTINO DOS SANTOS, SECRETÁRIO, ALUNO E OS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA PRESENTES.**

4. **CAMPINA GRANDE, 29 DE ABRIL DE 2021**

5.

6.

7. **DR.ª STELLA MARIS DA CRUZ BEZERRA – UTFPR – EXAMINADORA EXTERNA**

8.

9.

10. **DR.ª ÉRICA CRISTINE MEDEIROS MACHADO - UFCG - EXAMINADORA EXTERNA**

Documento assinado eletronicamente por **DEMOSTENES ANDRADE DE MORAES, PROFESSOR(A) DO**



MAGISTERIO SUPERIOR, em 13/07/2021, às 20:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bervylly Lianne de Farias Santos, Aluna**, em 22/07/2021, às 14:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS DE OLIVEIRA GALVAO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/07/2021, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **WELLINGTON LAURENTINO DOS SANTOS, SECRETÁRIO (A)**, em 27/07/2021, às 21:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ERICA CRISTINE MEDEIROS MACHADO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/07/2021, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOHN ELTON DE BRITO LEITE CUNHA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/07/2021, às 16:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCIO CAMARGO DE MELO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/07/2021, às 15:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1427239** e o código CRC **1561F89F**.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais,
Lucas e Neta*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que sempre colocaram a busca por conhecimento como prioridade e foram incentivadores e entusiastas na minha jornada acadêmica, acreditando em mim mesmo em momentos que o desânimo me assolava. À minha irmã, Anna Késsia, por todas as vezes que encontrei conforto nas suas palavras: você me faz querer ser um exemplo de profissional melhor, e me sinto honrada em ver você seguindo meus passos na engenharia. A Bruno, que mesmo a distância, nunca deixou de ser presente e um porto seguro em todos os momentos.

Aos meus orientadores Carlos de Oliveira Galvão e Demóstenes de Andrade Moraes, por todos os ensinamentos, orientações e “puxões de orelha”, enriquecedores na minha construção como pesquisadora.

Aos professores de Engenharia civil com os quais tive oportunidade de aprender durante a graduação e mestrado, em especial aos professores John Elton, Iana Rufino e Márcia Rios, por todas as contribuições durante o processo de construção deste trabalho. Aos companheiros do laboratório de hidráulica II, carinhosamente Lab BU, por todos os momentos de trocas, discussões acadêmicas e parceria no dia a dia. Aos amigos(as) Nellytha, Rayssa, Osires, Gustavo, Luma Gabriela, Keila e os “meninos” por estarem presentes em momentos importantes e difíceis nesta jornada.

As pesquisadoras Francine Modesto, Simone Aciole e Mery Cordão pela parceria acadêmica, e por serem grandes inspirações na minha vida profissional e pessoal.

Aos amigos e parceiros do grupo de pesquisa Érica Machado, Eldson Oliveira, Maria Eduarda Vieira e demais integrantes do grupo nacional que integram a rede de pesquisa “A dimensão ambiental e as infraestruturas na urbanização de favelas: concepções de projeto, formas de produção das redes e especificidades dos assentamentos precários”, por todos os ensinamentos e crescimento proporcionado no compartilhamento de experiências.

Aos atores técnicos, líderes comunitários e moradores pela disponibilidade e comprometimento em contribuir com este trabalho, em especial aos integrantes da SABI Bodocongó e ONG Nossa Ramadinha Melhor. Ao CNPq pelo apoio financeiro que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

A urbanização, embora seja um reflexo positivo do desenvolvimento, quando ocorre desordenadamente torna-se um dos propulsores da segregação social, com a migração dos pobres urbanos para áreas com condições precárias e de risco. Através de programas federais, como o Programa de Aceleração do Crescimento – Urbanização de Assentamentos Precários (PAC-UAP), os assentamentos precários e favelas passaram a ser vistos como áreas a serem inseridas no tecido urbano, e não erradicadas, por meio de intervenções na infraestrutura, como o saneamento básico. Neste trabalho foi realizada a avaliação integrada das intervenções de drenagem urbana na Bacia da Ramadinha, localizada no município de Campina Grande, Paraíba, com o intuito de verificar a adequabilidade e capacidade de suporte da rede de drenagem para eventos chuvosos com tempos de retorno de 10, 25 e 100 anos e, paralelamente, investigar os impactos da intervenção a partir da percepção dos moradores e da equipe técnica envolvidos no projeto. A metodologia buscou integrar a modelagem hidráulica e hidrológica, realizada através dos modelos HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) e HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) e as informações de entrevistas. Embora o Canal da Ramadinha possua capacidade hidráulica de suporte aos eventos extremos, este não pode ser assumido como o único indicativo da adequação da intervenção pois, através da análise das percepções social e técnica, percebe-se que as melhorias decorrentes da urbanização ocorreram de maneira heterogênea, e problemas como insalubridade ambiental e alagamentos, que motivaram as obras de intervenção, ainda persistem em certas áreas da comunidade. Ademais, observa-se também que não houve articulação entre as soluções de drenagem adotadas e as propostas urbanísticas, como, por exemplo, através de técnicas de drenagem sustentável. As análises enfatizam a importância de uma visão holística, não somente na avaliação pós intervenção, mas durante todas as etapas de projeto, de maneira a maximizar os resultados obtidos e a melhoria das condições de vida, com o devido destaque do papel de protagonismo da população durante o projeto.

Palavras Chave: Assentamentos Precários. Urbanização. Intervenção de Drenagem Urbana. Modelagem Hidráulico-Hidrológica. Percepção Social e Técnica.

ABSTRACT

The urbanization process, besides being a positive symptom of a country's development, has been one of the drivers of urban segregation, with the migration of the urban poor to areas with precarious and risky conditions. Through federal programs such as the Growth Acceleration Program - Urbanization of Precarious Settlements (PAC-UAP), precarious settlements and slums started to be seen as areas to be inserted in the urban fabric, and not eradicated from the cities, by means of urban infrastructure interventions, such as basic sanitation. This work presents an integrated assessment of urban drainage interventions held in the Ramadinha catchment, located in the city of Campina Grande, Paraíba, Brazil. The aim of the assessment was to verify the adequacy and support capacity of the drainage network for rainfall events with return periods of 10, 25 and 100 years and, at the same time, investigate the impacts of the intervention from the social and technical perception of residents and of the technical team involved in the project. The methodology integrated hydraulic and hydrological modeling carried out through the HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) and HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) models, and information from interviews. Although the Ramadinha canal has the hydraulic capacity to support the extreme events, we cannot assume this to be the only indicator of the appropriateness of the intervention. The social and technical perceptions revealed that the improvements resulting from upgrading occurred in a heterogeneous way, and problems such unhealthy conditions and flooding, which motivated the intervention works, still persist in poor areas of the community. The assessment emphasizes the importance of a holistic view, not only in the post-intervention evaluation but during all stages of the project, in order to maximize their results and welfare improvements, heavily involving the population's in the process.

Key Words: Precarious Settlements. Urbanization. Urban Drainage Intervention. hydraulic and hydrological modeling. Social and Technical Perception.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação das ZEIS em Campina Grande-PB.....	23
Figura 2: Localização do Município de Campina Grande/PB.....	40
Figura 3:Localização da Área de Estudo.....	41
Figura 4: Delimitação da Intervenção da Região Bodocongó e Bacia da Ramadinha.....	44
Figura 5: Etapas Metodológicas da Pesquisa.....	45
Figura 6: Fluxograma para Delimitação da Bacia de Estudo.....	46
Figura 7: Fluxograma para Caracterização do Uso do Solo da Bacia.....	47
Figura 8: Hietogramas para os Eventos com TR=10, TR=25 e TR=100 anos.....	49
Figura 9: Discretização da Bacia da Ramadinha.....	55
Figura 10: Caracterização do Uso do Solo da Bacia pelo CN Médio.....	55
Figura 11: Hidrograma com Vazões Máximas no Exutório da Bacia da Ramadinha.....	56
Figura 12: Lâminas d'água no Canal para o TR=100 anos.....	57
Figura 13: Perfil longitudinal da Lâmina D'água no Canal da Ramadinha – TR 100 anos.....	58
Figura 14: Seção Transversal 15 – Exutório do Canal da Ramadinha.....	58
Figura 15: Velocidades Máximas de Escoamento ao Longo do Canal.....	59
Figura 16: Etapas de Execução do Canal da Ramadinha.....	61
Figura 17: Níveis de Articulação dos Atores Envolvidos no Projeto.....	66
Figura 18: Localização dos Entrevistados na bacia da Ramadinha.....	68
Figura 19: Áreas Alagáveis Identificadas por Moradores Antes da Intervenção.....	70
Figura 20: Barreiras Instaladas nas Residências para Impedir Entrada de Chuva...71	
Figura 21: Áreas Alagáveis após a Construção do Canal da Ramadinha.....	72
Figura 22: Depósito de Resíduos nas Ruas da Área de Estudo.....	73
Figura 23: Extravasamento de Poços de Visita e Alagamentos na Rua Luiz Mota...73	
Figura 24: Erosão do Solo da rua Marinaldo Vitorino Filho – 2018.....	74
Figura 25: Danos no Pavimento das Ruas Após Chuvas.....	74
Figura 26: Condições do Entorno do Canal da Ramadinha – 29/09/2020.....	75
Figura 27: Erosão do Solo nas Margens do Canal da Ramadinha.....	77

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Valores de CN – Condição Anterior de Umidade II para Bacias Urbanas.	35
Quadro 2: Considerações e Apontamentos da Equipe Técnica	64
Quadro 3: Atividades Desenvolvidas pela Equipe de Trabalho Técnico Social.....	67
Quadro 4: Classificação dos Serviços Urbanos pelos Entrevistados.....	69
Tabela 1: Tempos de Retorno para Projetos de Drenagem Urbana.....	28
Tabela 2: Alternativas de Modelagem no HEC-HMS.....	34
Tabela 3: Dados Pluviométricos dos Eventos de Projeto.....	49
Tabela 4: Dados de Entrada da Modelagem Hidrológica.....	50
Tabela 5: Disponibilidade de Dados para Modelagem Hidráulica.....	51
Tabela 6: Vazões Máximas nos Nós de Simulação do HEC-HMS.....	57
Tabela 7: Intervenções realizadas nas etapas de projeto na Bacia da Ramadinha...	61
Tabela 8: Comparação de Dados Utilizados no Dimensionamento.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

APPs	Áreas Especiais de Preservação Permanente
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CN	Curva Número
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
ESA	Educação Sanitária e Ambiental
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
HEC- HMS	Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System
IDF	Intensidade-Duração-Frequência
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LID	Low Impact Development
GTR	Geração de Trabalho e Renda
MCMV	Minha Casa Minha Vida
MDE	Modelo Digital de Elevação
MOC	Mobilização e Organização Comunitária
PAC-UAP	Programa de Aceleração do Crescimento – Urbanização de Assentamentos Precários
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNH	Política Nacional de Habitação
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PMCG	Prefeitura Municipal de Campina Grande
PTTS	Projeto de Trabalho Técnico Social
SECOB	Secretaria de Obras
SEPLAN	Secretária de Planejamento de Obras
SESUMA	Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente
SCS	Soil Conservation Service
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SUDS	Sustainable Design Drainage Systems
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
STTP	Superintendência de Trânsito e Transportes Público
WSUD	Water Sensitive Urban Design
TR	Tempo de Retorno
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivos Específicos	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Assentamentos Precários e a Urbanização	19
3.2 O PAC– UAP e as Intervenções em Assentamentos Precários	23
3.3 Drenagem Urbana e as Inundações em Favelas	25
3.4 Análise do Desempenho das Intervenções de Drenagem Urbana	31
3.5 Modelagem Hidrológica	33
3.6 Modelagem Hidráulica	36
3.7 Avaliação das Percepções Técnica e Social da Intervenção	37
4. METODOLOGIA	40
4.1 Caracterização da Área de Estudo	40
4.2 Etapas Metodológicas	45
4.3 Avaliação da capacidade de suporte das estruturas de drenagem	45
4.3.1 <i>Análise de documentos</i>	45
4.3.2 <i>Delimitação e caracterização da bacia</i>	46
4.3.3 <i>Caracterização do uso e ocupação do solo</i>	46
4.3.4 <i>Geração dos dados hidrológicos</i>	48
4.3.5 <i>Modelagem hidrológica</i>	48
4.3.6 <i>Modelagem hidráulica</i>	51
4.4 Análise da Percepção Técnica e Social	52
4.4.1 <i>Seleção dos Moradores e Equipe Técnica</i>	52
4.4.2 <i>Elaboração e aplicação dos roteiros de entrevistas</i>	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Discretização e Uso do Solo da Bacia	54
5.2 Modelagem Hidrológica e Hidráulica	56
5.3 Capacidade de suporte das estruturas de drenagem	60
5.4 Percepção técnica	63
5.5 Percepção social da comunidade	68
5.6 Análise integrada dos impactos socioambientais da intervenção	76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS	84
ANEXOS	95

1.INTRODUÇÃO

De acordo com o World Bank (2020), aproximadamente 55% da população mundial vive nas áreas urbanas atualmente, com cerca de 12,83% em assentamentos informais. As cidades, embora contribuam positivamente para o desenvolvimento de um país, apresentam desafios relacionados à velocidade e à escala de urbanização, que implicam em demandas crescentes por moradias adequadas, infraestrutura urbana básica de saneamento, mobilidade urbana, dentre outros. A expansão urbana crescente, quando desvinculada do planejamento da ocupação e uso do solo e associada ao processo desigual de produção do espaço urbano, resulta em cidades com infraestrutura urbana e serviços sociais insuficientes e na ocupação de áreas de risco e/ou áreas de preservação permanentes (APPs). Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (2015), 84,72% da população brasileira vive em áreas urbanas, sendo um reflexo da transformação do país nas últimas décadas, com urbanização expressiva, com a maioria dos estados com população urbana entre 70 a 90%, com as regiões Norte e Nordeste apresentando os menores níveis de urbanização (CASTIGLIONI, 2020).

As cidades médias brasileiras destacam-se quanto ao crescimento populacional, que ocorre através de uma urbanização precária com ocupação de terrenos impróprios, como áreas inundáveis (várzeas de rios). Em 2017, 60,6% dos municípios brasileiros relataram a presença de “loteamentos irregulares e/ou clandestinos” e 17,2% a presença de assentamentos precários do tipo “favelas, mocambos, palafitas ou assemelhados”, com a urbanização destas áreas como a ação adotada por 31,9% das prefeituras (IBGE/MUNIC/2017). Os assentamentos precários são bolsões de pobreza nas áreas urbanas, com falta de acesso aos serviços públicos e associados à posse informal da terra. Devido à informalidade, a insegurança da ameaça de despejo pode atrasar investimentos em melhorias das moradias, o que explica a natureza mínima de muitas moradias de favelas, consistindo-se em barracos construídos com materiais abandonados (ABRAMO, 2012; BRUECKNER, MATION e NADALIN, 2019).

No cenário brasileiro, até a década de 60 priorizava-se a erradicação das favelas, admitindo-se a urbanização destas áreas a partir dos anos 70, porém valendo-se de programas de pequena abrangência e desvinculados do eixo estrutural das políticas habitacionais. Somente nos anos 90, intervenções mais abrangentes

passaram a compor a agenda da União, por meio de programas federais e locais como o “Habitar Brasil”, “Pró-Moradia” e “Pró-Saneamento”. Essas experiências serviram de suporte para a estruturação do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), criado em 2007, com uma modalidade voltada à urbanização de assentamentos precários, que permitiu aumentar a escala das intervenções em favelas no âmbito municipal (DENALDI et al., 2016).

Através do PAC, a cidade de Campina Grande, na Paraíba, foi beneficiada com diversos projetos relativos a obras de transporte, infraestrutura urbana, energia e obras associadas ao programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Quanto à urbanização de assentamentos precários foram realizados estudos para elaboração do plano municipal de habitação, ocupação da linha férrea do Araxá, e urbanização da Região Bodocongó, Região Sudoeste e do bairro Novo Horizonte (OLIVEIRA, 2019). A região Bodocongó – composta pelos bairros Bodocongó e Ramadinha – recebeu intervenções na infraestrutura urbana de macro e microdrenagem, dentre outras. Localiza-se parcialmente na Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) Ramadinha II, que possui, como características, condições precárias de moradia, carência de infraestrutura urbana e equipamentos sociais, e ocupação de áreas de risco de enchentes, sendo, portanto, áreas de ação prioritária por parte do poder municipal (CAMPINA GRANDE, 2009).

De modo geral, o processo de urbanização nos municípios brasileiros tem sido orientado a partir da ocupação das áreas de entorno dos cursos d’água, sendo os assentamentos precários apenas uma das expressões desse processo, e reflexo da população desfavorecida economicamente. Os assentamentos selecionados no programa PAC – Urbanização de Assentamentos Precários (UAP) no município possuem, como característica comum, a proximidade com os cursos d’água e a pretensão, por consequência, de solucionar problemas relativos à carência de drenagem adequada. A ocupação destas áreas de risco e ambientalmente frágeis implica em impactos ao ciclo hidrológico e, conseqüentemente, ocorrência de desastres como inundações. De acordo com Ribeiro et al. (2013), a frequência e a magnitude dos eventos chuvosos estão diretamente relacionadas aos parâmetros de topografia, escoamento superficial, arranjo urbano e ocupação do solo. Ademais, a escassez de análises e orientações práticas para a drenagem urbana que deem suporte aos projetos de drenagem em assentamentos precários é um reflexo da distância literal entre a realidade das favelas e as experiências dos técnicos que

propõem soluções de drenagem nestes ambientes (JACOBSEN et al., 2012).

Ramalho et al. (2020) obtiveram resultados satisfatórios na modelagem de alagamentos em Campina Grande, através da abordagem socioambiental e aplicação de questionários, análise de fotos e vídeos de áreas alagadas, destacando a relevância desta abordagem quando se têm escassez de dados observados, situação comum em áreas de assentamentos precários. Anteriormente, Poser e Drancsh (2010) mostraram como informações de localização e nível de água de moradores pode ser utilizado para gerar mapas colaborativos das áreas inundáveis realistas se comparados aos mapas oficiais de órgãos governamentais elaborados a partir de modelos hidráulicos e hidrológicos.

Este trabalho avalia as soluções de drenagem propostas e melhorias advindas da urbanização da Bacia da Ramadinha, recorte da intervenção Região Bodocongó, através de uma abordagem integrada de investigação técnica do projeto, condições hidrológicas e hidráulicas, e da percepção social e técnica dos moradores e atores técnicos envolvidos no projeto de drenagem urbana no Canal da Ramadinha.

Esta dissertação subdivide-se em cinco capítulos. O Capítulo 3 apresenta o contexto e conceitos básicos da urbanização de favelas, drenagem urbana e as intervenções em drenagem urbana nos assentamentos precários. Um breve histórico das intervenções de urbanização realizadas no âmbito do PAC-UAP na cidade de Campina Grande é traçado, e são apontados métodos que podem ser empregados para avaliação do desempenho de intervenções de drenagem urbana, como a modelagem hidráulica, hidrológica e a avaliação da percepção social da comunidade beneficiária. No Capítulo 4 são descritas as etapas metodológicas da pesquisa, destacando-se a abordagem integrada da análise de fontes diversas de informações para avaliação das condições hidrológicas, hidráulicas e dos resultados obtidos com as intervenções na área de estudo. Por fim, nos Capítulos 5 e 6 são apresentados os resultados da pesquisa, discussões e considerações finais da autora.

Salienta-se que esta pesquisa se insere no projeto nacional desenvolvido pelo Observatório das Metrôpoles com temática “A dimensão ambiental e as infraestruturas na urbanização de favelas: concepções de projeto, formas de produção das redes e especificidades dos assentamentos precários”, de modo a contribuir com o entendimento acerca das peculiaridades técnicas e sociais da drenagem urbana em assentamentos precários.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar de maneira integrada os impactos socioambientais e o desempenho hidráulico das intervenções em drenagem urbana na Bacia da Ramadinha, no município de Campina Grande, no estado da Paraíba.

2.1 Objetivos específicos

- Verificar a adequabilidade e o desempenho hidráulico da rede de macrodrenagem urbana projetada para cenários de eventos chuvosos extremos.
- Investigar os impactos socioambientais a partir da percepção das pessoas afetadas e envolvidas nas intervenções de drenagem na Bacia da Ramadinha.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Assentamentos precários e a urbanização

O processo de urbanização, embora seja um indicativo do desenvolvimento de um país, também está fortemente atrelado ao crescimento de áreas precárias e carentes, intensificado com a migração da população rural para as cidades e a marginalização dos pobres urbanos, que não possuem condições socioeconômicas para custear moradias no mercado imobiliário formal. O reconhecimento do crescimento expressivo das favelas nos centros urbanos como problemática mundial, principalmente em países em desenvolvimento, levou a diversas iniciativas entre governos, agências, organizações governamentais e privadas. A partir dos anos 1990 foram realizadas ações como o *Slum Upgrading Action Plan* em 1999, pelo World Bank, além de diversos programas da UN-HABITAT, com a pretensão de acompanhar os indicadores urbanos e monitorar o desempenho das cidades em relação aos objetivos definidos na Agenda Habitat (RILEY; FIORI; RAMIREZ, 2001 *apud* LIMA, 2017a).

Nos anos 2000, lideranças das Nações Unidas colocaram como uma das metas de desenvolvimento do milênio a melhoria das condições de vida de pelo menos 100 milhões de habitantes de assentamentos precários até o ano de 2020. Apesar dos dados da UN-HABITAT indicarem que mais de 220 milhões de residentes urbanos deixaram de viver em áreas precárias entre 2000 e 2011, em termos absolutos, o número de habitantes de favelas segue crescendo demograficamente com as cidades, sobretudo em países em desenvolvimento com forte desigualdade econômica.

Alinhando-se ao consenso internacional de enxergar os assentamentos precários como comunidades emergentes a serem fortalecidas em vez de erradicadas (CITIES ALIANCE, 2014), o Brasil vivenciou melhorias significativas nas condições de moradia a partir da década de 1970, quando iniciaram-se os esforços governamentais para urbanização de favelas no país, com redução de 30% na ocupação de assentamentos precários entre os anos de 1992 e 2008. No entanto, ainda tem-se um caminho longo a ser percorrido, uma vez que a população brasileira residente nas áreas urbanas ultrapassa 85% e os altos índices de pobreza no país resultam em 6,9% desta população urbana vivendo em assentamentos informais, e 41,4% em moradias consideradas inadequadas no ano de 2010 (UN-HABITAT, 2018). A

urbanização crescente nas cidades brasileiras e a negligência das políticas públicas relacionadas ao controle do desenvolvimento urbano criaram altos níveis de desigualdades urbanas, problemas sociais e ambientais (SOARES, 2019). Segundo Brueckner et al. (2019), a desigualdade social nas áreas urbanas, evidenciada pela proliferação de favelas no país, tornou-se um dos problemas socioeconômicos endêmicos no Brasil, de modo que esforços conjuntos do Governo Federal e órgãos estaduais têm sido realizados a fim de promover a urbanização e a inclusão destas comunidades no tecido urbano.

Cardoso (2016) considera que os assentamentos precários podem apresentar diversas configurações, como favelas, loteamentos irregulares ou clandestinos, cortiços, conjuntos habitacionais degradados e outras, correspondendo cada denominação a uma forma específica de processo de produção destes assentamentos urbanos. A maior dificuldade para mensurar a evolução destes assentamentos consiste na multiplicidade das definições das ocupações irregulares, com diferenças conceituais e metodológicas significativas quanto ao levantamento de dados populacionais e gestão das políticas públicas (PATEL et al., 2014; QUEIROZ FILHO, 2015). A Política Nacional de Habitação (PNH), elaborada em 2004, adota a expressão “assentamentos precários” para caracterizar conjuntos de assentamentos urbanos inadequados ocupados por moradores de baixa renda, incluindo cortiços, loteamentos irregulares de periferia, favelas e assemelhados, além dos conjuntos habitacionais degradados. Dessa forma, os assentamentos precários podem ser entendidos como partes do território urbano com dimensões e tipologias variadas que possuem em comum as áreas densamente habitadas por população de baixa renda, precariedade das condições habitacionais, irregularidade fundiária, falta de infraestrutura de saneamento básico e déficit na integração do sistema de transportes e equipamentos sociais (BRASIL, 2010).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utiliza em seus levantamentos a definição “aglomerados subnormais” para caracterizar áreas de favelas com a ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas. Para identificar tais áreas são utilizados os seguintes critérios: (i) possuem pelo menos 51 domicílios; (ii) ocupação de terras sem títulos formais; (iii) urbanização irregular, que consiste em faixas estreitas de alinhamento irregular, lotes irregulares ou edifícios em desacordo com os padrões urbanos; (iv) ausência de serviços públicos como água, esgoto ou coleta de

lixo; (v) má topografia devido a declives acentuados ou propensão a inundações. As terminologias adotadas na literatura brasileira se sobrepõem e se complementam em suas definições, com prevalência da informalidade, carência e precariedade das condições de moradia e no acesso às infraestruturas urbanas nestas áreas. É importante ressaltar que moradias precárias não se localizam, necessariamente, nas áreas urbanas periféricas, mas também nas áreas centrais das cidades, disputando espaço com “áreas nobres” e valorizadas do município (MARICATO, 2011).

Observaram-se avanços expressivos na urbanização de favelas e assentamentos precários a partir da criação do Ministério das Cidades, em 2003, e de novas instituições e programas federais habitacionais, como o Programa de Aceleração do Crescimento – Urbanização de Assentamentos Precários (PAC-UAP), o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), com aumento significativo nos recursos disponibilizados aos municípios. Nos últimos anos, pesquisadores têm desenvolvido estudos em relação às características dos assentamentos precários (BRUECKNER et al., 2019) e das intervenções de urbanização (DENALDI et al., 2016; NOGUEIRA, 2018), condições de salubridade ambiental (PEDROSA, 2014; MONTEIRO, 2019), análise das limitações institucionais da urbanização de favelas (SILVA, 2019; LIMA, 2017a), avaliações pós ocupação de conjuntos habitacionais (SCHÄFER e GOMIDE, 2014) e avaliação dos resultados das intervenções do PAC em favelas (BALBIM et al., 2013).

A cidade de Campina Grande, na Paraíba, vivenciou forte crescimento da população urbana e favelização nas décadas de 1970 e 1980, motivado pelo êxodo rural e crise econômica, social e política (MELO, 1985). Como consequências destas mudanças e do progresso econômico advindo da urbanização, houve um impulso na formação de assentamentos precários e espraiamento do município. Segundo dados do Censo IBGE (2010), a cidade possui 18 aglomerados subnormais que abrigam aproximadamente 30 mil pessoas. Dados parciais disponibilizados pelo IBGE (2020) para auxiliar no enfrentamento do COVID-19 em áreas precárias mostram que 6% dos domicílios ocupados no município localizavam-se em aglomerados subnormais no ano de 2019. Apesar do crescimento destes aglomerados subnormais em Campina Grande vir apresentando uma desaceleração, comparando-se os domicílios ocupados nestas áreas no censo de 2010 (7,1%) e de 2019 (6%), particularidades do município, como a localização geográfica entre o litoral e sertão paraibano e a atuação como polo acadêmico e produtivo do estado, seguem atraindo pessoas em busca de melhores

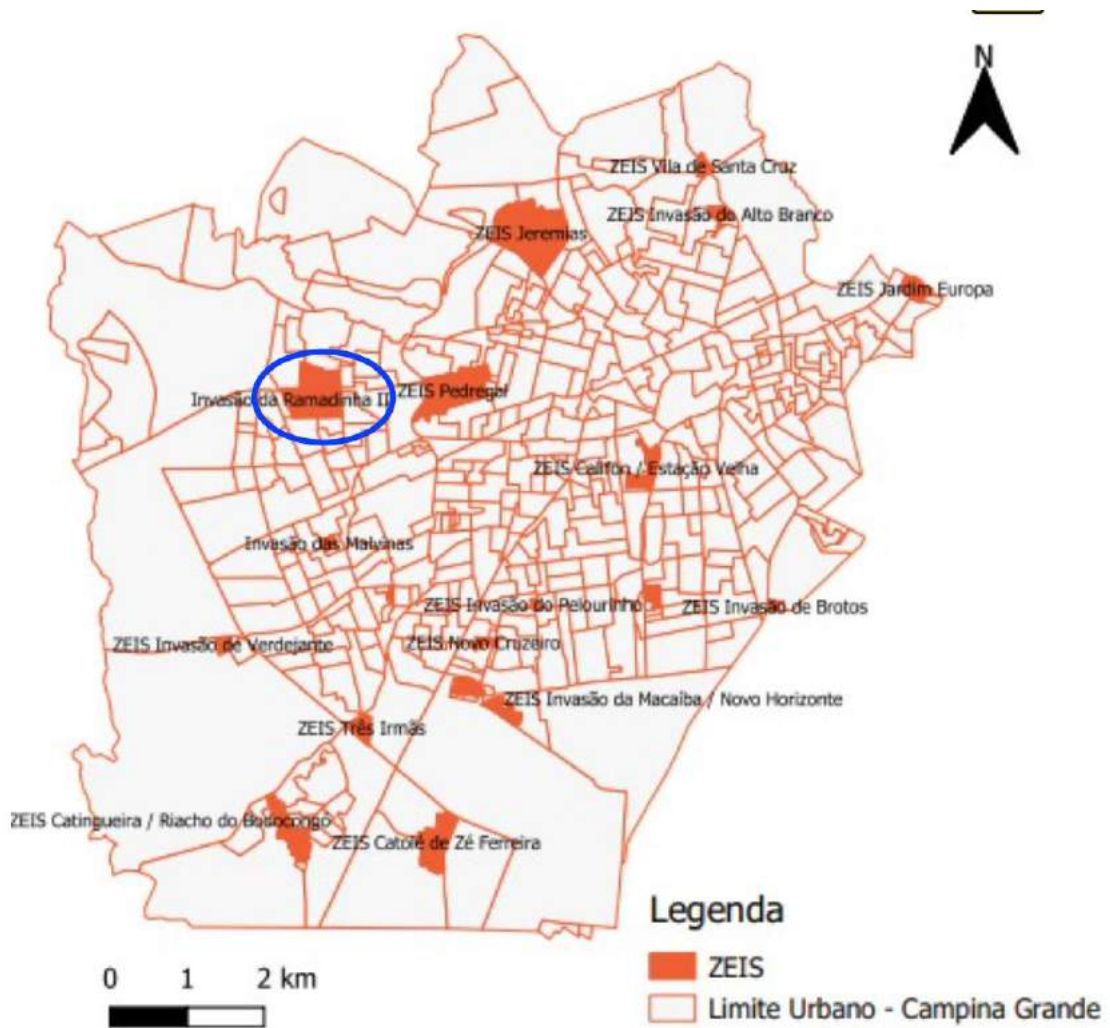
oportunidades. Nas últimas décadas o município paraibano recebeu investimentos de diversos programas de urbanização em assentamentos precários e áreas de interesse sociais, financiados pelos Governos Federal e Estadual, onde recursos públicos foram e continuam sendo investidos a fim de garantir o acesso à moradia e infraestrutura adequadas bem como a segurança e a posse da terra (PEDROSA, 2014).

No fortalecimento do arcabouço legal municipal para amparar ações e projetos habitacionais e em áreas de interesse social – que se caracterizam como zonas prioritárias para ações de urbanização – destacam-se a reestruturação da Coordenadoria de Habitação de Interesse Social através da promulgação da Lei municipal 4.806/2009 que delimitou as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) e da Lei Complementar nº055 de 11 de março de 2011, com o objetivo de promover a integração destas áreas à cidade formal, através da urbanização e regularização fundiária. Dentre os princípios para regularização das ZEIS têm-se a garantia do direito à moradia, controle efetivo do uso do solo urbano e implantação de infraestrutura básica, serviços e equipamentos comunitários de acordo com as necessidades dos moradores, sendo incentivada a participação social da comunidade no processo de urbanização (CAMPINA GRANDE, 2009).

No município de Campina Grande, a Lei nº 4.806/2009 delimita 17 assentamentos precários como ZEIS (Figura 1) e que foram nomeadas: I. ZEIS Califon / Estação Velha; II. ZEIS Catingueira / Riacho de Bodocongó – Bairro das Cidades; III, ZEIS Invasão do Macaíba / Novo Horizonte; IV. ZEIS Invasão de Santa Cruz; V. ZEIS Invasão do Alto Branco; VI. ZEIS Invasão do Pelourinho; VII. ZEIS Invasão do Verdejante; VIII. ZEIS Invasão dos Brotos; IX. ZEIS Três Irmãs; X. ZEIS Vila de Santa Cruz; XI. ZEIS Novo Cruzeiro; XII. ZEIS Catolé de Zé Ferreira; XIII ZEIS Jardim Europa; XIV. ZEIS Invasão Ramadinha II; XV. ZEIS Pedregal; XVI. ZEIS Jeremias; XVII. ZEIS Nossa Senhora Aparecida. Segundo Pedrosa (2014), a partir de 2004 o município teve dez áreas precárias contempladas com projetos de urbanização através de investimentos da União voltados para projetos de urbanização de assentamentos precários a serem executados em parceria com a Prefeitura Municipal, incluindo projetos para ampliação e implantação de rede de abastecimento de água, esgotamento sanitário e obras de micro e macrodrenagem, dentre outros. Através do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), a cidade recebeu diversos projetos relativos a obras de transporte, infraestrutura urbana, energia e obras associadas ao programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Quanto à urbanização de assentamentos

precários, foram ou vêm sendo realizadas intervenções na Invasão “Línea” férrea do Araxá, Região Bodocongó, Região Sudoeste e bairro Novo Horizonte (OLIVEIRA, 2019), beneficiando algumas das ZEIS do município, como a ZEIS Invasão Ramadinha II.

Figura 1: Delimitação das ZEIS em Campina Grande-PB, com destaque para a Invasão da Ramadinha II.



Fonte: SEPLAN (2013), modificado pela autora.

3.2 O PAC-UAP e as intervenções em assentamentos precários

O Brasil vinha construindo, ao longo das últimas décadas, um quadro legal e normativo robusto, com a criação de ações e programas para reformulação do cenário urbano brasileiro, através da regularização urbanística dos assentamentos precários (favelas, cortiços, loteamentos irregulares, etc.) e a implementação de instrumentos

urbanísticos importantes como as ZEIS (IPEA, 2016). Experiências como o Programa de Regularização de Zonas Especiais de Interesse Social (Prezeis), em Recife, implementado em 1987, e o programa Favela-Bairro, na cidade do Rio de Janeiro, em 1994, foram referências para novos programas na política nacional, a exemplo do PAC – Urbanização de Assentamentos Precários, vinculado ao eixo denominado como Infraestrutura Social e Urbana. A partir do lançamento do PAC em 2007, no governo do presidente Lula, foram feitas grandes intervenções desde obras de menor porte até grandes assentamentos precários em metrópoles, como os complexos de favelas em São Paulo e no Rio de Janeiro, que possuem o maior percentual de população em favelas no Brasil (IPEA, 2016).

De acordo com o 1º balanço do PAC – 2007, na primeira fase do programa foi contratado um investimento total de 36 bilhões de reais (sendo que R\$ 29,4 bilhões em repasses da União e do FGTS) em 1.681 municípios em todos os estados brasileiros, enquanto que o 7º Balanço de 2018 relata um investimento total contratado de R\$ 28,6 bilhões (sendo R\$ 22,4 bilhões em repasse da União e do FGTS) abrangendo 1.953 municípios. As intervenções abrangeram ações diversas com o objetivo de sanar carências diagnosticadas nas áreas de intervenção e imprescindíveis para melhoria da qualidade da vida urbana (IPEA, 2016). O PAC-UAP contribuiu com a integração das políticas sociais através da construção de equipamentos públicos ou comunitários, e espaços públicos de lazer, melhorando as funções sociais do espaço urbano da área de intervenção e sua articulação com o tecido urbano (IPEA, 2016). Dentre as ações, têm-se as melhorias habitacionais, construção de novas unidades, implantação de infraestrutura básica – rede elétrica, iluminação pública, rede de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário, bem como a drenagem e manejo de águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, que são componentes do saneamento básico de acordo com as diretrizes do novo marco legal do saneamento no Brasil na Lei Federal nº 14.026/2020.

Para os efeitos desta Lei, considera-se o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: (a) abastecimento de água potável; (b) esgotamento sanitário; (c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e (d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Além das modalidades de investimento do PAC lastreadas diretamente aos componentes de saneamento básico, existem ainda uma modalidade denominada “saneamento integrado” que trata

de investimentos no qual o objeto inclui mais de um dos componentes do saneamento básico, como ocorre nos projetos de urbanização de assentamentos precários (SILVA, 2018). Desta forma, os escopos dos projetos podem ser definidos como: (a) abastecimento de água; (b) esgotamento sanitário; (c) manejo de resíduos sólidos; (d) manejo de águas pluviais; e (e) saneamento Integrado. Embora o saneamento básico seja de responsabilidade das três esferas federativas, municipal, estadual e federal, através de programas, destacando-se o PAC, o governo federal vinha destinando apoio financeiro visando à universalização do acesso aos serviços básicos de saneamento, um dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), através da ampliação principalmente dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas cidades brasileiras (IPEA, 2016).

A drenagem urbana, no entanto, é um serviço urbano com gestão e manutenção financiadas pelo poder municipal, através da arrecadação de impostos e receitas geradas pelos municípios. Dentre as particularidades do serviço está a dificuldade de individualizar o consumo do serviço pelos munícipes, uma vez que os sistemas hidráulicos de infraestrutura urbana são tidos como bens e serviços de caráter público (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002). Há um grande debate acerca da cobrança de uma taxa de drenagem, e Tucci (2003) admite que a maior dificuldade no processo advém da quantificação da taxa e da estimativa da área impermeável de cada propriedade. Também há divergências no meio acadêmico quanto a qual parâmetro utilizar no rateio de custos, que pode utilizar área impermeável total, área impermeável efetiva ou alteração do hidrograma natural provocado pela propriedade (LENGLER, 2012). Devido à relação direta entre os riscos de desastres ambientais e problemas nos escoamentos das águas urbanas, as soluções de drenagem urbana também passaram a ser objeto de financiamentos do PAC.

3.3 Drenagem urbana e as inundações em favelas

A vulnerabilidade da população ocupando áreas de risco é maximizada em virtude dos extremos climáticos e do acréscimo das áreas impermeáveis no ambiente urbano, que corroboram com o aumento da magnitude e da frequência das inundações urbanas. A localização de assentamentos nas planícies de inundação, somada às deficiências e/ou ausência das redes de drenagem e manejo de resíduos nestas áreas, potencializa o impacto das inundações urbanas nessas comunidades.

As consequências das inundações incluem perdas das casas informais, erosão do solo, deslocamento da população, deterioração da qualidade das águas pluviais, disseminação de doenças, interrupção nos meios de subsistência da população, bem como perdas materiais e humanas (MOSER e SATTERTHWAITTE, 2008; WILLIAMS et al. 2019).

Dentre as principais causas do aumento das inundações urbanas está o crescimento da impermeabilização do solo que aumenta o escoamento superficial na bacia, eventos hidrometeorológicos extremos, inexistência de dados hidrológicos confiáveis para dimensionamento do sistema de drenagem e a falta de legislação municipal específica para drenagem urbana, como um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Ademais, é necessária uma gestão integrada pelos diversos órgãos, para fiscalização do uso e ocupação do solo urbano e manutenção das áreas de proteção permanentes e do percentual de solo permeável nos lotes construídos (BARROS, 2005). Sendo assim, é perceptível que algumas das características dos assentamentos precários, como a irregularidade no parcelamento do solo, ocupação de áreas de risco e altos índices de impermeabilização do solo, somadas à presença de edificações com baixo padrão construtivo e mais suscetíveis às intempéries, maximizam os impactos das inundações nestas áreas. Pode-se dizer que a preocupação com a drenagem das águas pluviais surge paralelamente ao desenvolvimento das cidades, que trouxe a consciência coletiva da necessidade de adotar medidas estruturais para o escoamento das águas superficiais, de modo a diminuir a exposição aos riscos inerentes de alagamentos e inundações.

Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), a drenagem urbana quase sempre é tratada como um serviço complementar das secretarias municipais de obras e sem articulação com a dinâmica da ocupação urbana, sendo o setor do saneamento o que apresenta a maior carência de políticas e organização institucional (BRASIL, 2013). O manejo adequado da drenagem dependerá do planejamento integrado das soluções e ações a serem adotadas, que devem ter como ponto de partida a bacia hidrográfica que, segundo a Lei Federal 9.433/1997, é a unidade de referência para o planejamento das ações. A bacia pode ser entendida como a área de captação de água cujo escoamento contribui para uma única seção de curso d'água, conhecida como exutório (MARTINS et al., 2010). As bacias hidrográficas naturais são delimitadas pelos seus divisores topográficos, no entanto, para as bacias urbanas, além da topografia do terreno, devem-se considerar a

microdrenagem e as modificações no direcionamento do escoamento devido à interferência do homem no ambiente através da implantação da infraestrutura urbana, e que afetam a propagação do escoamento superficial (WANG et al., 2018). A interferência antrópica e a urbanização das bacias hidrográficas alteram os diversos componentes do ciclo hidrológico natural da bacia, com redução na infiltração da água no solo e do tempo de concentração. O efeito mais visível destas alterações é o aumento do escoamento superficial e, por conseguinte, da vazão de cheia que as estruturas de drenagem deverão suportar (TUCCI, 2005).

O gerenciamento das águas pluviais é imprescindível para que se tenha uma cidade sustentável, pois interfere diretamente nas dinâmicas socioambientais e conforto da população. Dessa forma, o sistema de drenagem é composto por uma rede de infraestruturas, que têm o papel tradicionalmente de coletar as águas pluviais e transportar para fora dos limites das cidades. Bianchini (2016) subdivide o sistema de drenagem convencional em:

- Microdrenagem: engloba a drenagem superficial da água através de sarjetas, calçadas, escadas, valas, sarjetões, bocas de lobo, bueiros, grelhas, tubulações e galerias de pequeno porte.
- Macrodrenagem: é composta por galerias e tubulações de grande porte, canais, rios, lagos e corpos receptores que recebem as águas coletadas na microdrenagem.

Em projetos de drenagem em área urbana o dimensionamento das estruturas drenantes é feito de acordo com o risco de ocorrência de uma determinada precipitação, considerando a dimensão dos investimentos envolvidos e a segurança, sendo aconselhada uma avaliação econômica e social dos impactos de enchentes para definição dos riscos (SUDERHSA, 2002). No entanto, quando essa avaliação não for viável, podem-se adotar valores de tempo de retorno (TR) usualmente utilizados e recomendados na literatura como critérios para a estimativa das vazões de projeto (TUCCI, 2005). Os valores adotados de acordo com os tipos de sistema e características da área de drenagem, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Tempos de retorno para projetos de drenagem urbana

SISTEMA	CARACTERÍSTICA	INTERVALO (anos)	VALOR RECOMENDADO (anos)
Microdrenagem	Residencial	2-5	2
	Comercial	2-5	2
	Áreas de prédios públicos	2-5	2
	Áreas comerciais e avenidas	2-10	2
	Aeroportos	5-10	5
Macrodrenagem		10-50	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5-100	50

Fonte: SUDERHSA (2002).

Embora haja um longo caminho para os países em desenvolvimento, como o Brasil, onde inúmeras comunidades ainda convivem com a falta de saneamento básico, é importante salientar que os paradigmas da drenagem tradicional e higienista, que preconiza a rapidez no escoamento das águas, vêm sendo adaptados e substituídos pela prerrogativa de drenagem sustentável das águas através de técnicas compensatórias não convencionais e de baixo impacto, alinhadas aos conceitos consolidados internacionalmente como *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) e *Low Impact Development* (LID) (SILVA, 2016).

Nesse contexto, têm-se o programa “Drenagem Urbana Sustentável”, lançado pelo Ministério das Cidades em 2006, com o objetivo de promover a articulação entre as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão das bacias hidrográficas, e a promulgação da Lei Federal nº 11.445/2007, que inclui as estruturas de detenção e retenção para o amortecimento de cheias no escopo das atividades relacionadas à drenagem urbana. Atualmente, cidades como Rio de Janeiro, Curitiba, Porto Alegre e Belo Horizonte estão promovendo a integração da drenagem urbana no planejamento ambiental através de planos diretores de drenagem urbana seguindo preceitos da drenagem sustentável (SILVEIRA, 2002 *apud* GARRIDO NETO et al., 2019). As técnicas de drenagem sustentável são focadas na interceptação, armazenamento e/ou infiltração das águas pluviais, através de soluções como telhados verdes, trincheiras de infiltração, bacias de retenção, pavimentos permeáveis, dentre outros, que permitem reduzir a magnitude das cheias urbanas e, por consequência, necessidade de altos investimentos em obras

estruturais de canalização e/ou retificação de cursos d'água. No entanto, Jiusto e Kenney (2015) observaram que tais abordagens técnicas devem ser adaptadas para o contexto urbano e social dos assentamentos precários, que possuem alta densidade e características socioambientais e de ocupações particulares.

No Brasil, a canalização permanece sendo uma medida popular nos projetos de drenagem, embora já seja associada às medidas de amortecimento do escoamento, classificadas por Tucci (2005) como pertencente a uma fase corretiva, anterior a fase de drenagem sustentável, que envolve integrar o planejamento do espaço urbano e as funções das infraestruturas de água. Os autores Travassos, Penteado e Fortunato (2017), em estudos realizados no município de São Paulo, observaram que a canalização dos cursos d'água permanece sendo aplicada sobretudo em áreas ambientalmente precárias e, paralelamente, tem-se um modelo de intervenção contemporânea voltado à renaturalização dos rios e da paisagem urbana ganhando força nas áreas nobres e valorizadas da cidade. A valorização da presença do curso d'água na paisagem é uma maneira de melhorar a integração entre o ambiente natural e construído, onde estão intrínsecas a diminuição de áreas de risco de inundação e requalificação das funções naturais dos fundos de vale, e que resulta numa urbanização mais sustentável (PRESTES, 2018). Contudo, a dificuldade inerente da presença de assentamentos precários já consolidados nestas áreas, somada à demanda popular por soluções de drenagem convencional, como canalização e tamponamento, e a familiaridade dos gestores com as soluções técnicas tradicionais, fazem com que estas continuem sendo priorizadas, mesmo com a possibilidade de redução de custos com obras estruturais e a recomendação de especialistas para o uso de técnicas compensatórias (TUCCI, 2005; TRAVASSOS, 2010; MIGUEZ; VÉROL; REZENDE, 2016).

Destaca-se que, apesar da vasta discussão na literatura e avanços no estudo dos efeitos da urbanização e impermeabilização do solo nos processos hidrológicos em bacias urbanas (ALVES, 2017; MESQUITA; LIMA NETO, 2020; SANTOS, 2015), características físicas, ambientais e o tecido urbano heterogêneo em loteamentos irregulares e favelas, por exemplo, muitas vezes não correspondem às assertivas gerais nos estudos de inundação urbana. Dessa forma, há escassez nos estudos de caso relatados na literatura para apoiar o entendimento da gestão eficaz dos riscos de inundação nessas áreas (ADELEKAN, 2010). Estudos existentes relacionados ao gerenciamento do risco de inundação em países em desenvolvimento argumentam

que as inundações urbanas são pouco compreendidas e pouco estudadas nesses países, e suas medidas de gestão estão ausentes ou não são implementadas adequadamente (ADELEKAN e ASIYANBI, 2016; BALDASSARRE et al., 2010; JIANG et al., 2018; NKWUNONWO et al., 2016). As inundações são abordadas na literatura com base nos conceitos de escoamento superficial e capacidade de infiltração do solo, porém tais abordagens exigem uma quantidade extensa de dados e capacidade técnica de análise, muitas vezes indisponíveis ou limitados (NKWUNONWO, 2020).

Logo, o entendimento do fenômeno de inundações em assentamentos precários e áreas irregulares requer identificar a dinâmica de ocupação e uso do solo e a presença e eficiência das infraestruturas de drenagem, para que seja possível construir um banco de dados que supra a escassez recorrente de dados nestas áreas. Com os avanços tecnológicos, muitas cidades passaram a gerenciar e mitigar os problemas de inundação através de modelos computacionais, a fim de compreender a interação entre as precipitações e as inundações urbanas (MARK et al, 2004). Segundo Webber et al. (2018), a calibração e validação destes modelos ainda é um desafio nos dias atuais, em decorrência da falta de dados pluviométricos e de mapeamentos realistas das áreas alagáveis nos municípios. Logo, a integração de informações de múltiplas fontes, como equipes técnicas e moradores da comunidade, passa a ser uma maneira de reconstruir e representar a realidade. No contexto dos assentamentos precários, é preciso integrar aos conceitos e técnicas já empregadas no estudo da drenagem uma abordagem alternativa e que inclua o morador como personagem de destaque na avaliação das intervenções em drenagem urbana, de modo que seja possível, através do conhecimento popular e vivência dos desastres hidrológicos, sanar as limitações na modelagem e dar suporte à validação dos resultados obtidos. Com este intuito, estratégias como o uso de aplicativos, informações de redes sociais, estratégias de planejamento participativo, instalação de medidores automáticos, dentre outros, têm sido avaliadas como alternativas para calibração e validação de simulações hidrológicas (RAMALHO et al., 2020).

3.4 Análise do desempenho das intervenções de drenagem urbana

O manejo de águas pluviais nas cidades brasileiras em sua grande maioria é de responsabilidade do poder municipal, no entanto as obras para escoamento das águas pluviais são financiadas com recursos diversos, de modo que as intervenções

realizadas no âmbito do PAC-UAP receberam recursos federais. Para avaliação da eficácia das obras públicas financiadas pelo PAC é feita a análise do cumprimento das metas programáticas do projeto, tais como número de famílias beneficiadas, número de obras concluídas e volume de recursos investido, verificando-se também indicadores definidos para cada tipologia de intervenção (habitacional, infraestrutura viária, saneamento básico, dentre outros). Dessa forma, este padrão avaliativo inclui as urbanizações em assentamentos precários inseridas no PAC e, embora estas possuam maior atenção quanto à gestão, acompanhamento e avaliação do desempenho dentre as obras públicas contratadas da União, tal metodologia ainda se restringe ao cumprimento das metas programáticas, sem considerar outras informações pertinentes, como o cumprimento dos prazos de projeto e o padrão de qualidade final alcançado (SILVA, 2018). Quanto às intervenções em drenagem urbana, a avaliação de desempenho das medidas estruturais a serem adotadas é feita através da análise da capacidade de suporte do sistema de drenagem para as vazões do projeto definidas, utilizando-se em sua maioria metodologias convencionais para dimensionamento das estruturas, como o Método Racional, amplamente utilizado para os casos em que as bacias urbanas possuem área inferior a 2 km² (SUDERHSA, 2002).

É possível observar no projeto de drenagem na urbanização de assentamentos precários em Campina Grande a forte presença da visão higienista, que se baseia em encontrar a solução de drenagem mais eficiente hidraulicamente, de maneira a promover o escoamento rápido das águas para fora das cidades. Tal premissa não é uma particularidade do município, sendo fortemente ancorada no conceito ainda disseminado nos manuais de drenagem brasileiros (SOUZA, 2013).

As ferramentas computacionais permitem a representação física ou matemática da realidade nos estudos de drenagem urbana, podendo ser utilizadas para ampliar as possibilidades de soluções de projeto, através de modelos que buscam reproduzir o comportamento de um sistema, neste caso a bacia hidrográfica, quando sujeito a um determinado evento pluviométrico e estado inicial. Dessa forma, mesmo que os projetos mantenham no seu escopo as medidas estruturais convencionais, a modelagem da bacia hidrográfica ampliará as análises possíveis e permitirá a simulação de diferentes cenários de acordo com eventos de projeto, cenários futuros de urbanização e cenários alternativos com inclusão, por exemplo, de técnicas compensatórias de drenagem sustentável, a fim de visualizar o impacto

no amortecimento das vazões de cheias e alívio no sistema de drenagem e, assim, facilitar e popularizar a empregabilidade destas técnicas nos projetos públicos quando vantajoso. Maksimovic (2001) elenca fins para os quais a modelagem do sistema de drenagem urbana pode ser utilizada, tais como a avaliação global da resposta de captação na bacia na etapa de elaboração do desenho da rede de drenagem, análise dos níveis de poluição na bacia, gerenciamento operacional e a análise e o controle em tempo real das interações entre os subsistemas.

A modelagem das bacias urbanas geralmente subdivide-se em dois módulos: o módulo bacia, que calcula, a partir da precipitação, a vazão resultante que entra nas galerias e nos canais, e o módulo de rios, canais, galerias e reservatórios, que transporta o escoamento pelos canais, galerias e detenções (TUCCI, 2005). As etapas de modelagem e simulação de uma bacia hidrográfica envolvem: 1) escolha dos modelos, 2) determinação das variáveis de entrada e estimativa dos parâmetros dos modelos, 3) escolha das ferramentas de *software* para a aplicação dos modelos, 4) calibração e validação dos parâmetros dos modelos; 5) simulação e 6) interpretação dos resultados. Vale ressaltar que, como as variáveis de saída que se deseja obter na simulação, seja a vazão de cheia ou os níveis de água, dependem das variáveis de entrada e parâmetros fornecidos ao modelo inicialmente, a veracidade e precisão das informações influenciará nos resultados obtidos. A calibração e a validação dos modelos são tarefas dispendiosas, porém necessárias, para garantir que o modelo represente a realidade da bacia e minimize a diferença entre os dados que foram observados e os resultados das simulações, através do ajuste dos parâmetros implícitos do modelo (MARK et al., 2004). Porém, a indisponibilidade de dados observados para validação é uma barreira para aplicação de modelos em diversos municípios que não possuem informações de campo.

A modelagem de inundações urbanas a partir de eventos pluviais em áreas de países em desenvolvimento que possuem infraestrutura urbana fragilizada é um tópico emergente na literatura sobre riscos de enchentes e inundações pluviais urbanas, e que ainda não recebeu atenção suficiente (NKWUNONWO, 2020). Uma abordagem holística, que reúna fontes alternativas de informações sobre a ocorrência de alagamentos e inundações urbanas, tem sido empregada em diversos estudos, como Wang et al. (2018), que reconheceu as redes sociais como uma fonte de dados útil na configuração dos parâmetros de modelagem, e entendimento dos processos hidrológicos urbanos.

3.5 Modelagem hidrológica

Existem diversos modelos para simulações hidrológicas, sendo estes de escolha do pesquisador, a partir da consideração dos objetivos da modelagem, cobertura espacial pretendida e/ou existente, tecnologia empregada, e a disponibilidade de dados e conhecimento do modelador (ALVES, 2017; SHINMA, 2011). Nesta pesquisa, optou-se por utilizar para modelagem hidrológica o modelo HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*) na versão 4.6, *software* gratuito do Centro de Engenharia Hidrológica dos Estados Unidos, que simula processos hidrológicos completos em bacias dendríticas, que têm canais distribuídos em todas as direções e se unem formando ângulos agudos, com configuração em forma de árvore.

Com o modelo HMS é possível calcular as vazões, volume de deflúvio, vazão de pico e tempo de escoamento com base em modelos matemáticos diversos, que simulam o processo de chuva-vazão em bacias hidrográficas dendríticas. O HEC-HMS possibilita a geração de hidrogramas sintéticos que auxiliam a tomada de decisão e a compreensão dos processos hidrológicos (USACE, 2008). O modelo permite a integração com sistemas de informação geográfica (SIG), através da extensão HEC-GeoHMS, onde é possível montar a série de entradas necessárias para modelagem hidrológica, como a rede de drenagem natural e a delimitação da bacia de contribuição, utilizando o *software* ArcGIS. Na Tabela 2 são apresentadas algumas das alternativas de modelagem disponibilizadas no HEC-HMS, que sucedem a etapa de delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem.

Com o uso dos SIGs, a delimitação das bacias hidrográficas, que anteriormente era traçada de maneira manual, sendo suscetível aos erros de interpretação do analista, passou por grandes avanços com o desenvolvimento das técnicas computacionais. Atualmente existem diferentes algoritmos que definem, a partir do modelo digital de elevação (MDE), as direções de escoamento, utilizando, por exemplo, o critério de maior declividade e, a partir daí, delimitar bacias de forma automática, assim como definir a rede de drenagem (BUARQUE et al., 2009; TSUYUGUCHI, 2017). Têm-se realizado estudos em bacias hidrográficas (MIOTO et al., 2014; SANTINI et al., 2017; TOLENTINO; SILVA; SANTIL, 2017) utilizando-se dos mais diversos SIGs, tais como Arcgis 10.8 (ESRI, 2021), Qgis 3.16 (OSGeo, 2021),

TerraView (INPE, 2021), no entanto, a possibilidade de uso de *softwares* livres e de código aberto como o Qgis e o TerraView permite ampliar o acesso às funcionalidades e facilidades do geoprocessamento. Diversos autores já utilizaram-se do sensoriamento remoto (RS) e dos SIGs para estimar os impactos do perigo de inundação nas infraestruturas das áreas urbanas, sendo possível visualizar e espacializar os resultados obtidos nos modelos hidrológicos e hidráulicos (ABDELKARIM et al., 2019; GAITAN; VELDHUIS; GIESEN, 2015; POSER; DRANCSH, 2010; TSUYUGUCHI, 2015).

Tabela 2: Alternativas de modelagem no HEC-HMS

Componente Hidrológico	Dados de Entrada e/ou Modelos
Precipitação	Hietogramas
Separação do Escoamento	Modelo de Green-Ampt, modelo SCS (Curva Número) concentrado ou semidistribuído, Smith Parlange, método do déficit constante, método do cálculo da umidade do solo, método de infiltração inicial e taxa de infiltração constante (Horton).
Escoamento Superficial	Modelo do hidrograma unitário de Clark, concentrado ou semidistribuído, onda cinemática, hidrograma unitário de Snyder, hidrograma triangular do SCS, concentrado ou semidistribuído, hidrograma unitário fornecido pelo usuário.
Amortecimento em canais	Método de Muskingum, Muskingum-Cunge, Onda cinemática, modelo de Straddle-Stragger.
Recessão do escoamento	Taxas mensais de recessão, vazões mensais médias de recessão, método do reservatório linear, modelo exponencial, método da constante de recessão a equação da continuidade para a relação entre entrada e saída do reservatório.
Amortecimento em reservatórios	Cálculo das vazões de saída por meio de curvas cota x vazão ou das equações das estruturas de saída.

Fonte: Elaboração própria (2021)

Dentre os diversos métodos desenvolvidos com a finalidade de separar a parcela da chuva que escoam superficialmente, o modelo SCS do *Soil Conservation Service* (SCS, 1986) é comumente utilizado devido à simplicidade de parâmetros e facilidade de aplicação em pequenas bacias hidrográficas urbanas (ALVES et al., 2020; MESQUITA; LIMA NETO, 2020; TSUYUGUCHI, 2015). Neste modelo, a parcela de chuva retida nas depressões do solo e a infiltração são os principais fatores para determinar a quantidade de chuva convertida em escoamento superficial, ou seja, a precipitação efetiva. O principal parâmetro no método SCS é aquele que expressa as propriedades de infiltração do solo, o CN (Curva Número). O CN varia de 0 a 100, conforme a permeabilidade, cobertura vegetal, textura da superfície e umidade

anterior do solo. Quanto mais impermeável, maior o CN. Dessa forma, a determinação do escoamento superficial na bacia dependerá da precipitação no intervalo de tempo, da umidade anterior do solo e das características hidrológicas do solo. São as condições de umidade: I – Solo totalmente seco antes do início da chuva; II Solo medianamente úmido (corresponde à capacidade de campo) e III – Solo saturado. Já as características hidrológicas do solo são expressas em função dos grupos hidrológicos que variam quanto à capacidade de infiltração entre A, B, C e D, com os solos tipo D com alto escoamento superficial e baixa permeabilidade devido à presença de argilas em sua composição. Tucci (1993) apresenta tabelas com valores de CN subdivididos por tipo de cobertura do solo, grupo hidrológico e condição anterior de umidade para bacias rurais e urbanas. Para a condição anterior de umidade II – solo medianamente úmido e que corresponde à capacidade de campo, têm-se os valores tabelados abaixo (Quadro 1).

Quadro 1: Valores de CN para a condição anterior de umidade II, para bacias urbanas.

Utilização ou cobertura do solo	Superfície	A	B	C	D
Zonas cultivadas	Sem conservação do solo	72	81	88	91
	Com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos	Em más condições	68	79	86	89
Terrenos Baldios	Boas condições	39	61	74	80
Prados	Boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas florestais	Cobertura ruim	45	66	77	83
	Cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvas, parques, campos de golf e cemitérios.	Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
	Com relva de 50 a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios		89	92	94	95
Zonas Industriais		81	88	91	93
Zonas residenciais, lotes <500 m ²	65% de área impermeável	77	85	90	92
Zonas residenciais, lotes <1000 m ²	38% de área impermeável	61	75	83	87
Zonas residenciais, lotes <1300 m ²	30% de área impermeável	57	72	81	86
Zonas residenciais, lotes <2000 m ²	25% de área impermeável	54	70	80	85
Zonas residenciais, lotes <4000 m ²	20% de área impermeável	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc		98	98	98	98
Arruamentos e estradas asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Fonte: Adaptado de Tucci (1993).

O mapeamento da cobertura vegetal do solo é um dos principais dados para a estimativa do CN. Dessa forma, a construção e/ou escolha dos mapas com a caracterização do uso do solo da bacia depende do foco de análise, e da dimensão das sub-bacias e taxas de ocupação, de modo que, em análises com nível de detalhamento de lote ou quadra, por exemplo, há necessidade de uma maior resolução das imagens de satélite ou das fotografias ortorretificadas utilizadas (BRANGER et al., 2013; GAROTTI; BARBASSA, 2010; SANTOS, 2014).

3.6 Modelagem hidráulica

O planejamento de sistemas de drenagem urbana requer a avaliação da capacidade de veiculação de vazão dos canais existentes, a identificação de pontos de restrição ao escoamento e a capacidade de amortecimento de cheias nas calhas dos rios e canais. Para a análise hidráulica destes canais são utilizados modelos hidráulicos, conforme o tipo de escoamento. Existem basicamente dois tipos de modelos hidráulicos utilizados no estudo das cheias urbanas, que são os modelos de remanso e os hidrodinâmicos.

Os modelos de remanso são baseados nos princípios da conservação de energia (equação de Bernoulli) e conservação da massa (equação de continuidade). Eles podem ser aplicados quando for admitida a hipótese de distribuição hidrostática de pressões, não havendo componente de aceleração do escoamento, de modo que o atrito seja o fator determinante do escoamento. Na prática, esta condição ocorre para o regime de escoamento permanente e uniforme, podendo ser estendida para o regime permanente gradualmente variado, em que a geometria, a declividade, a lâmina d'água e a velocidade são constantes em cada seção transversal.

Os modelos de remanso fornecem a altura da lâmina d'água, uma vez conhecidas a vazão, a geometria e a rugosidade do canal, e o nível d'água na seção inicial ou final do trecho considerado. Já os modelos hidrodinâmicos são aplicados quando o regime de escoamento é não permanente, ou seja, quando as características do escoamento variam com o tempo em cada seção. Entre os *softwares* desenvolvidos que permitem a utilização desses modelos, destaca-se o *software* HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*), que assim como o HEC-HMS, foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do

Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos.

O HEC-RAS na sua versão 5.0.3 permite a simulação hidráulica unidimensional-1D, bidimensional-2D e modelos acoplados 1D/2D em canais abertos nos regimes permanente uniforme, permanente gradualmente variado e não-permanente. Ademais, o *software* fornece várias ferramentas para análise e avaliação da capacidade de escoamento de canais, tais como a visualização do perfil longitudinal e seções transversais (USACE, 2008). No software tem-se a possibilidade de trabalhar com redes de canais, utilizando-se as informações topográficas das seções e revestimento do canal para descrever a geometria e o comportamento da lâmina escoada. Assim como o HEC-HMS, a integração com SIG é facilitada através de um módulo, neste caso o HEC-GeoRAS, onde é possível gerar manchas de inundações a partir dos resultados das simulações.

3.7 Avaliação das percepções técnica e social de intervenções

A população possui papel fundamental na avaliação dos serviços públicos implantados e busca por melhorias, uma vez que é o usuário beneficiado e vivencia as possíveis limitações e deficiências nas intervenções urbanas. Uma das maneiras de se conhecer a qualidade dos serviços públicos é mediante o emprego da pesquisa de satisfação e percepção social. A partir desta, é possível avaliar se o usuário está satisfeito com os serviços e identificar os problemas proeminentes, a fim de procurar a melhor forma de solucioná-los (AKINBOADE et al., 2012; BADRI et al., 2015).

Quanto à delimitação de áreas inundáveis, os métodos utilizados para mapeamento variam entre a modelagem hidráulica e hidrológica, sensoriamento remoto e processamento de dados de infraestrutura e topografia com auxílio de SIGs e a análise de relatos sobre inundações passadas, obtidas através de pesquisas de campo e registro de ocorrências (GOERL, KOBAYAMA e PELLERIN, 2012; OLIVEIRA, 2017; SAUERESSIG, 2012). Jenkins et al. (2010), após um estudo de caso em Salvador, onde testaram diversas metodologias para avaliar a participação dos moradores em intervenções urbanas, concluíram que os governos e as agências internacionais têm que assimilar o impacto significativo que a participação social oferece às cidades na atualidade, de maneira que o processo de urbanização deve ser socialmente construído. Para Jiusto e Kenney (2015), os fatores sociais são ainda mais relevantes no planejamento da drenagem urbana em assentamentos informais,

se comparados às áreas desenvolvidas das cidades, pois nestas comunidades os moradores são os agentes mais ativos nas intervenções do espaço urbano. Fazeli et al. (2015) destacam como o mapeamento de áreas de riscos hidrológicos através de informações geográficas voluntárias (VGI) tem como vantagens a redução nos custos para obtenção de dados, se comparado com técnicas convencionais de modelagem. No entanto, os autores também citam as limitações do uso de VGI nas pesquisas, principalmente em relação à credibilidade das informações compartilhadas.

Nas intervenções urbanas realizadas através do PAC-UAP e nas demais modalidades financiadas do PAC, a participação dos beneficiários nos processos decisórios, de implantação e manutenção da intervenção, é estimulada através do desenvolvimento do Projeto de Trabalho Técnico Social (PTTS), requisito obrigatório no processo licitatório das obras. Dessa forma, a população é envolvida em atividades e ações focadas em três eixos do projeto, a Mobilização e Organização Comunitária (MOC), Geração de Trabalho e Renda (GTR) e Educação Sanitária e Ambiental (ESA). Estes eixos compõem um conjunto de ações com finalidade de promover a autonomia e o protagonismo social, viabilizando a participação dos beneficiários nos processos decisórios, incentivando a gestão participativa (PEDROSA, 2014). A avaliação do trabalho social objetiva questionar até que ponto a realidade da população alvo foi transformada, e a análise da percepção da comunidade através de ferramentas como questionários e mapeamentos participativos, é, portanto, imprescindível para uma reflexão crítica acerca dos resultados das modificações no cenário urbano e impactos das intervenções na infraestrutura urbana (SANTOS, 2013).

Iniciativas colaborativas nas pesquisas, com a coleta de informações geográficas voluntárias na Internet, por exemplo, têm se mostrado eficientes em áreas sem informações ou na atualização dos dados existentes, e se adaptam aos diferentes contextos, com aquisição de informações pela interação direta ou através da coleta de dados nas mídias sociais (BORGES, JANKOWSKI e DAVIS JÚNIOR, 2016). Ramalho et al. (2020) desenvolveram um modelo de alagamentos para a cidade de Campina Grande a partir de uma abordagem socioambiental que combinou dados de múltiplas fontes, como a aplicação de questionários e análise de fotos e vídeos de áreas alagadas enviados pelos moradores. Através do estudo, os autores identificaram 360 pontos de alagamentos, que foram validados por meio da modelagem do sistema de drenagem. De acordo com Ramalho et al. (2020), a abordagem socioambiental permitiu um maior conhecimento das experiências dos

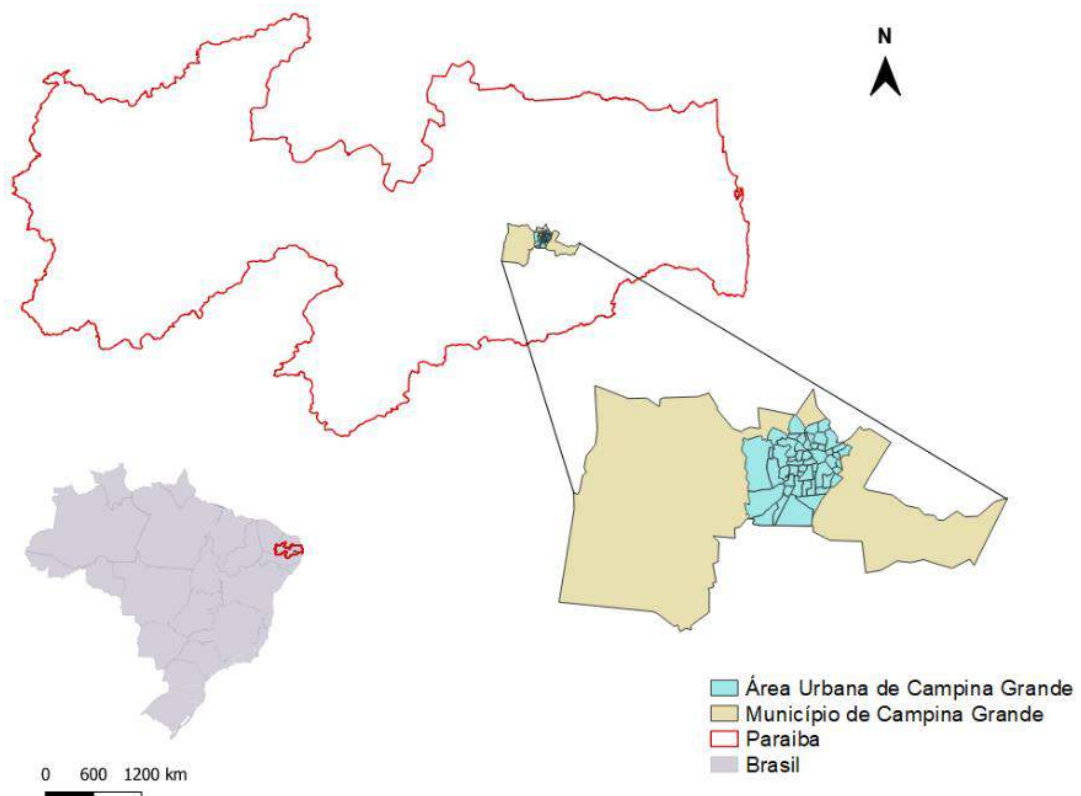
residentes nos desastres que ocorrem na cidade, concluindo-se que a integração das estratégias contribuiu positivamente para modelagem dos alagamentos, principalmente em áreas em que a obtenção de dados para validação das simulações não seja possível. Poser e Drancsh (2010) utilizaram dados de localização e nível de água nas residências de 1700 moradores para mapear áreas inundáveis na Alemanha, e compararam os mapas colaborativos com os mapas elaborados por órgãos governamentais com técnicas de modelagem hidrológica, mostrando resultados satisfatórios.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O município de Campina Grande (Figura 2), onde está inserida a área de estudo, localiza-se na região do semiárido brasileiro e trata-se da maior cidade do interior do estado da Paraíba em termos de população, com cerca de 50 bairros e população estimada em 411.807 habitantes (IBGE,2020). O município está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, segunda maior bacia do Estado da Paraíba com abrangência de 38% do território estadual e área de 20.071,83 km², compreendida ente as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15"; Oeste de Greenwich. A bacia abriga 1.828.178 habitantes, que correspondem a 52% da população paraibana. Possui clima tropical semiárido e altitude média de 552 metros acima do nível médio do mar, apresentando em sua área o bioma Caatinga e temperaturas amenas durante todo o ano, variando de 16 a 32 °C, com umidade relativa do ar média de cerca de 80%.

Figura 2: Localização do Município de Campina Grande/PB

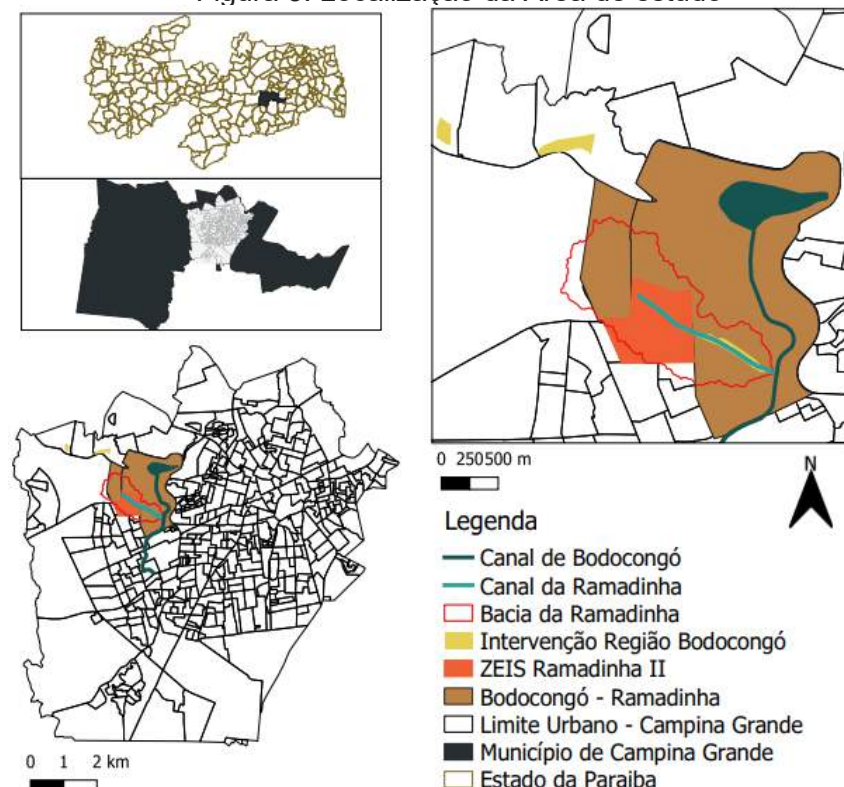


Fonte: Autoria própria (2020)

Segundo Diniz (2013), a cidade possui as maiores médias mensais de precipitação concentradas entre os meses de março e julho, apresentando valores mínimos nos últimos três meses do ciclo anual, com precipitação média anual de 765 mm, de acordo com informações do INMET. Os bairros Ramadinha e Bodocongó (Figura 3) localizados na zona oeste da cidade, foram beneficiados com obras de infraestrutura urbana através do PAC-UAP (Intervenção da Região Bodocongó), abrangendo obras de micro e macrodrenagem e a urbanização do Canal da Ramadinha.

A área de estudo desta pesquisa é um recorte da intervenção da Região Bodocongó, selecionada devido à ênfase do projeto nas soluções de drenagem e, concomitantemente, ter beneficiado o maior número de famílias e representar o montante financeiro mais significativo dentre as intervenções do PAC-UAP em Campina Grande. Tal delimitação, que será abordada posteriormente, foi realizada de acordo com a drenagem natural, considerando o Canal da Ramadinha como exutório das águas escoadas. Desta forma, a bacia de contribuição e área de estudo denominou-se Bacia da Ramadinha.

Figura 3: Localização da Área de estudo



Fonte: Autoria própria (ZUZU)

De acordo com o Plano Diretor Municipal (Lei nº003/2006), a área localiza-se na Zona de Recuperação Urbana, sendo uma área predominantemente residencial, com carência de infraestrutura e equipamentos públicos, e incidência de loteamentos irregulares e núcleos habitacionais de baixa renda. Ademais, a Bacia da Ramadinha abrange uma das Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS Ramadinha II e um dos aglomerados subnormais delimitados pelo IBGE (2010).

Quanto às condições de salubridade ambiental, o recorte da área de estudo inclui áreas fragilizadas caracterizadas como assentamentos precários, que possuem dificuldade no acesso aos serviços públicos de saneamento básico, como a coleta de resíduos sólidos e o esgotamento sanitário que, somada à falha na conscientização ambiental dos moradores da comunidade e carência de ações de educação ambiental por parte do poder público, acarreta em diversos problemas ambientais, sendo o despejo inapropriado de resíduos domésticos nas vias e áreas públicas e as ligações da rede de esgotamento aos canais de drenagem pluvial algumas destas problemáticas. Essa contribuição do esgotamento sanitário para o sistema de drenagem pode ser verificada em outros bairros do município de Campina Grande, como já abordado em estudos anteriores (CAMELO, 2019; GOMES, 2013; MELO FILHO, 2014; VIDAL, 2019).

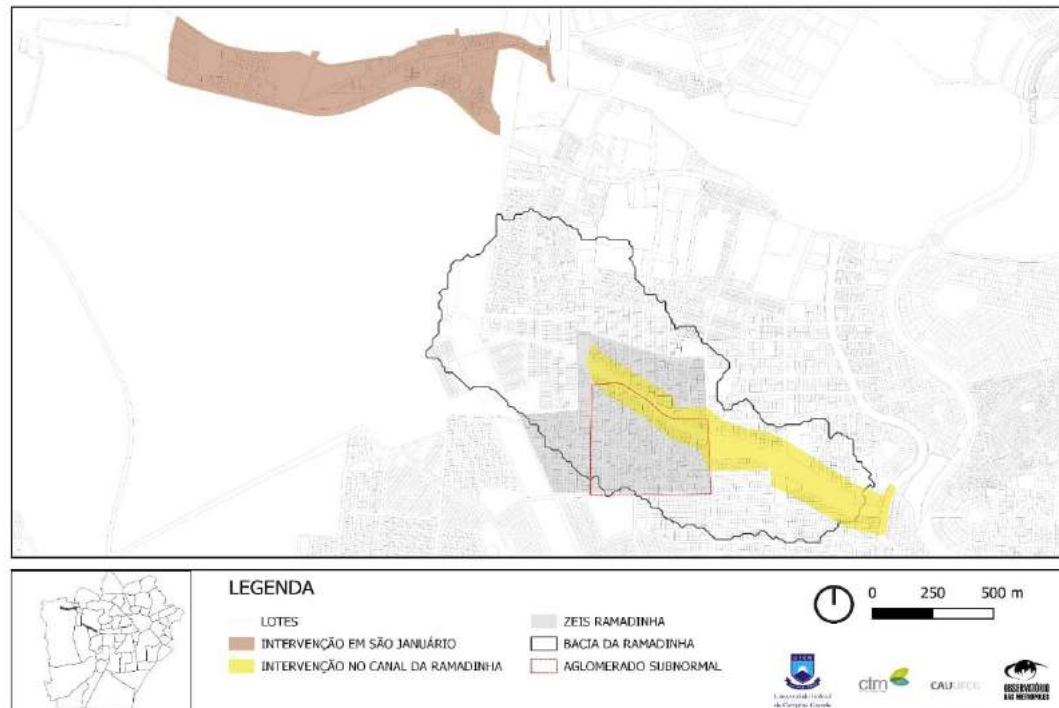
Embora Campina Grande não possua um Plano Diretor de Drenagem, o Art. 116 do Plano Diretor elenca como ações prioritárias ao manejo das águas pluviais e drenagem urbana: i) a definição de mecanismos para usos do solo compatíveis com as áreas de drenagem, como os mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com as áreas de interesse para drenagem, tais como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa; ii) implantação de medidas de prevenção de inundações, incluindo controle de assentamentos clandestinos e outros tipos de ocupações nas áreas com interesse para drenagem; iii) o investimento na renaturalização e melhorias das calhas fluviais e na recuperação dos sistemas de macro e microdrenagem. As ações elencadas no plano, que auxiliariam na elaboração de projetos urbanísticos e de drenagem urbana integrados, no entanto, não são observadas nas intervenções que vêm sendo realizadas no município.

No “Plano de Contingência da Defesa Civil de Campina Grande para situações de prevenção, alerta e emergência (período de chuvas)”, de 2012, e no documento “Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes

e Movimentos de Massa” (2013), produzido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), foram delimitadas diversas áreas de risco no município, muitas destas relacionadas a alagamentos devido à ocupação nas margens dos cursos d’água, incluindo o Canal de Bodocongó, que recebe contribuições da Bacia da Ramadinha. Apesar do Canal da Ramadinha não ser elencado dentre tais áreas de risco de alagamento do município, foram registrados problemas com a proliferação de insetos e roedores, acúmulo de lixo em terrenos baldios, invasão de terrenos públicos e desmoronamento de casas como as principais ocorrências nos bairros Bodocongó e Ramadinha. Sendo assim, a seleção da área como objeto de intervenção do PAC-UAP ocorreu por se enquadrar nos requisitos relacionados à presença de ocupação com risco de inundações nas margens de cursos d’água e, concomitantemente, a inexistência de intervenções anteriores na bacia.

A intervenção na Região Bodocongó abrangeu ações e obras de terraplanagem; regularização fundiária; produção/aquisição de unidades habitacionais; abastecimento de água; esgotamento sanitário; energia elétrica e iluminação; pavimentação e obras viárias, drenagem superficial e calçadas; micro e macrodrenagem pluvial; construção de praças e criação de área verde; e Projeto de Trabalho Técnico Social (MORAES et al., 2021). A Zona Especial de Interesse Social - ZEIS Ramadinha II insere-se na área da intervenção, coincidente com área de aglomerados subnormais de acordo com a classificação do IBGE (2011), como ilustrado na Figura 4. Do total de R\$110.135.663,44 investidos na urbanização de favelas no município, a Região Bodocongó recebeu o maior percentual deste investimento, com valor inicial de R\$31.500.000,00 que, após reprogramações de serviços e ajustes nos projetos, teve um aumento do orçamento para R\$ 49.916.500,44, com R\$ 7.301.610,14 de contrapartida municipal (MORAES et al., 2021; OLIVEIRA, 2019). A proposta desta intervenção foi feita visando alcançar dois objetivos distintos: realocação de famílias da ocupação da margem do Açude de Bodocongó, conhecida como Vila dos Teimosos; e melhoria das condições de salubridade ambiental e remoção de famílias de áreas de risco do curso d’água que cruzava os bairros Bodocongó e Ramadinha.

Figura 4: Delimitação da Intervenção da Região Bodocongó e Bacia da Ramadinha



Fonte: Base cartográfica da SEPLAN (2011). Cartograma elaborado por Camila Santos (2020)

Para alcançar os objetivos descritos anteriormente, o projeto subdividiu-se em duas áreas distintas (Figura 4), a comunidade São Januário, onde houve a construção de unidades habitacionais para reassentamento de famílias, e os bairros Bodocongó e Ramadinha, com ênfase nas obras de drenagem e urbanização, com a construção do Canal da Ramadinha, a fim de solucionar os problemas de inundações sofridos pela população residente nas proximidades. Importante frisar que a intervenção na Região do Bodocongó ainda não foi concluída, devido a problemas no projeto de drenagem e a ocupação de um empreendimento habitacional que serviria ao reassentamento de famílias localizadas em áreas de risco, tendo alcançado 82,96% de obras e serviços (MORAES et al., 2021).

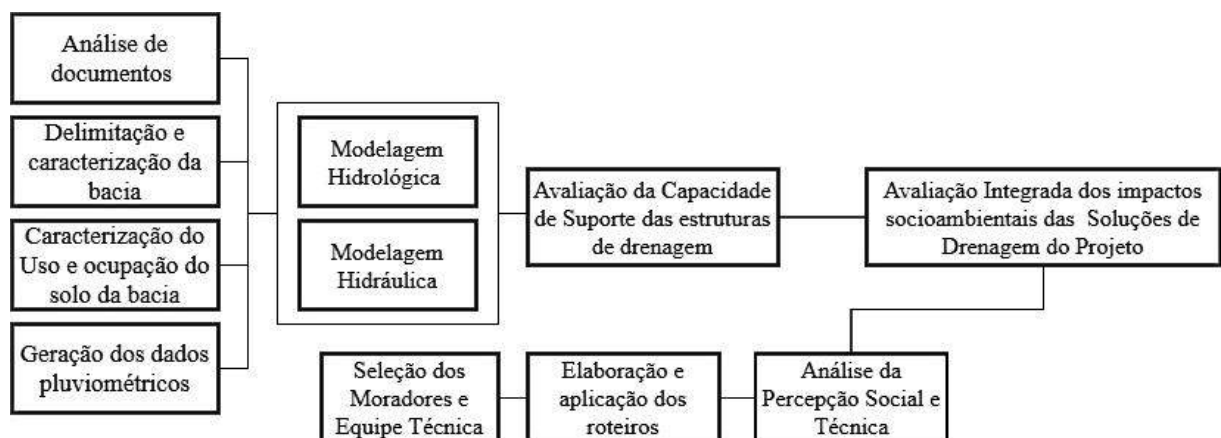
Apesar das melhorias provenientes da intervenção de urbanização da Bacia da Ramadinha através do PAC-UAP, que contemplou, dentre outros, a ampliação do acesso ao serviço de esgotamento sanitário e obras de micro e macrodrenagem, observou-se em campo que as áreas adjacentes e próximas ao canal construído ainda consistiam em locais de depósito de lixo e resíduos de construção pela comunidade, havendo também resíduos dentro do canal, que apresentava, além disto, fluxo constante de esgoto sanitário de ligações clandestinas. Tal constatação reforça a

necessidade de intervenções abrangentes e integradas, considerando os aspectos ambientais, urbanísticos, sociais, etc.

4.2 Etapas Metodológicas

As etapas metodológicas da pesquisa, ilustradas na Figura 5, foram elaboradas visando à avaliação integrada da intervenção de drenagem urbana, com a avaliação técnica das condições hidrológicas e hidráulicas a partir da modelagem computacional e, paralelamente, a análise da percepção dos moradores e atores técnicos envolvidos no projeto, sendo possível interligar as informações técnicas e as experiências pessoais dos moradores para uma avaliação mais fidedigna do desempenho do projeto e mudanças proporcionadas à comunidade.

Figura 5: Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2021)

4.3 Avaliação da capacidade de suporte das estruturas de drenagem

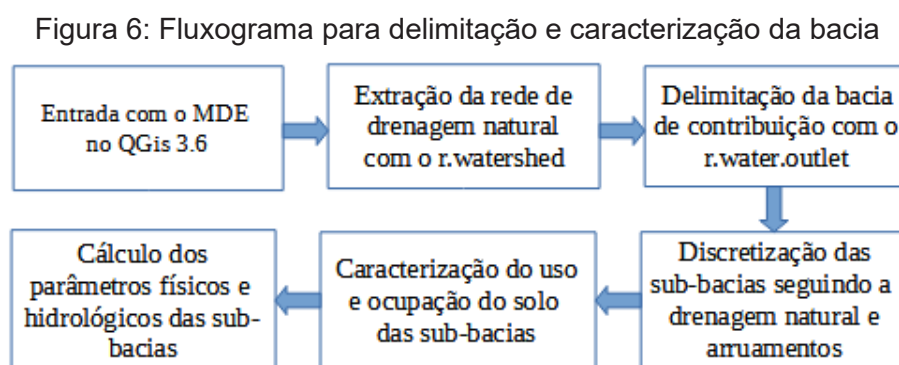
4.3.1 Análise de documentos

A etapa de análise de documentos consistiu no levantamento das informações disponíveis da intervenção realizada na Região Bodocongó pelo PAC-UAP, buscando-se documentos, memoriais, fotografias e projetos digitalizados, dentre outros. O memorial descritivo do projeto do Canal da Ramadinha, com as especificações e dimensionamento da drenagem, foi analisado a fim de identificar qual a metodologia adotada pelos projetistas e quais os parâmetros utilizados e, dessa forma, avaliar o

projeto de acordo com as recomendações técnicas acerca de drenagem urbana. Ademais, buscou-se informações sobre a topografia e declividade do terreno da Bacia da Ramadinha, obtidas através do Modelo Digital de Elevação (MDE) (Tsuyuguchi, 2015), parâmetros que interferem diretamente no escoamento superficial das águas pluviais. De maneira colaborativa, a análise dos projetos e das condições hidrológicas e hidráulicas foram utilizadas como referência na elaboração do roteiro de entrevistas com os moradores e equipe técnica, e as respostas das questões foram utilizadas para responder dúvidas encontradas durante a modelagem e avaliação do projeto, de modo que as etapas metodológicas se complementaram.

4.3.2 Delimitação e caracterização da bacia

A delimitação da Bacia da Ramadinha foi uma etapa preliminar à modelagem hidrológica e hidráulica, realizada através do software livre QGIS 3.6 utilizando o programa *r.watershed* para criação da bacia hidrográfica a partir do MDE, que representa as altitudes da superfície topográfica e elementos geográficos existentes sobre ela, com resolução de 10x10m como dado de entrada. Em seguida, utilizou-se o programa *r.water.outlet* que gera a rede de drenagem natural a partir das bacias delimitadas, com o fim do canal indicado como exutório da rede manualmente. O fluxograma seguido é ilustrado na Figura 6.



Fonte: Autoria própria (2021)

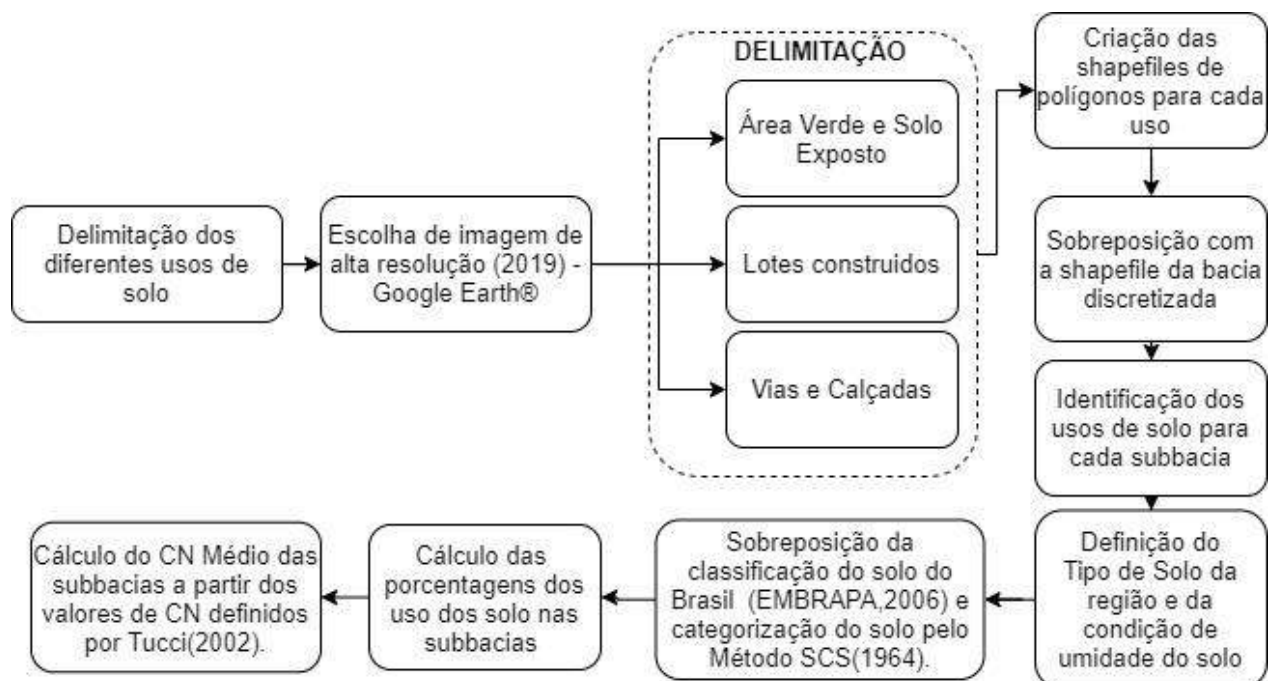
4.3.3 Caracterização do uso e ocupação do solo

A ocupação do solo durante o processo de urbanização relaciona-se diretamente com o aumento da impermeabilização e redução da infiltração do solo, e

implica na sobrecarga do sistema de drenagem urbana. Para separação do escoamento superficial utilizou-se o método SCS, sendo realizada a caracterização do uso e ocupação do solo da Bacia da Ramadinha, através da observação detalhada de imagens do Google Earth e do Street View, alternativa viável para as dimensões da bacia de estudo. Utilizou-se o *software* Qgis na versão 3.6 para delimitar os polígonos com as áreas para cada tipo de uso do solo classificado (áreas verdes, solo exposto, lotes construídos, vias e calçadas) e planilhas Excel para ponderação de cada tipo de uso por sub-bacia e cálculo do parâmetro CN, que reflete as propriedades de infiltração da superfície do solo.

Para o estudo, o solo da bacia foi considerado, em sua totalidade, como do grupo B pela sobreposição da categorização de solos definidos pelo SCS (1964) com a classificação do solo do Brasil realizada pela Embrapa (2006) e adotou-se a condição de umidade II (solo medianamente úmido), usualmente utilizada para estimativa da precipitação efetiva nas aplicações de projeto (SCS, 1986). Optou-se pelo método SCS na pesquisa devido à simplicidade dos parâmetros, adequação à escala do projeto, consolidação e aceitabilidade em órgãos gestores nacionais e internacionalmente, além da disponibilidade de aplicação na maior parte dos *softwares* hidrológicos. As etapas seguidas são ilustradas na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma para caracterização do uso do solo da bacia



Fonte: Autoria própria (2021)

4.3.4 Geração dos dados hidrológicos

As chuvas de projeto foram geradas a partir da curva Intensidade-Duração-Frequência, curva IDF (Equação 1) obtida por Aragão et al. (2000), que utilizou uma série pluviométrica de 1966 a 1989 para determinar os parâmetros adimensionais para cidade de Campina Grande.

$$i(\text{mm/h}) = \frac{334 T^{0,227}}{(t+5)^{0,596}} \quad (1)$$

onde: i = intensidade da chuva (mm/h); T = período de retorno (anos); t = duração da chuva (minutos).

Adotou-se a duração de 30 minutos, que corresponde ao tempo de concentração da Bacia da Ramadinha, como recomendado na literatura de drenagem urbana. Uma vez que a chuva não ocorre de maneira constante, para desagregação temporal dos eventos optou-se por considerar o padrão de distribuição da precipitação ao longo do evento crítico observado no dia 21/01/2020 (CEMADEN, 2020), com lâmina total de 52 mm e duração de 1 hora, que corresponde a uma tormenta com TR=25 anos e provocou inúmeros alagamentos e inundações no município.

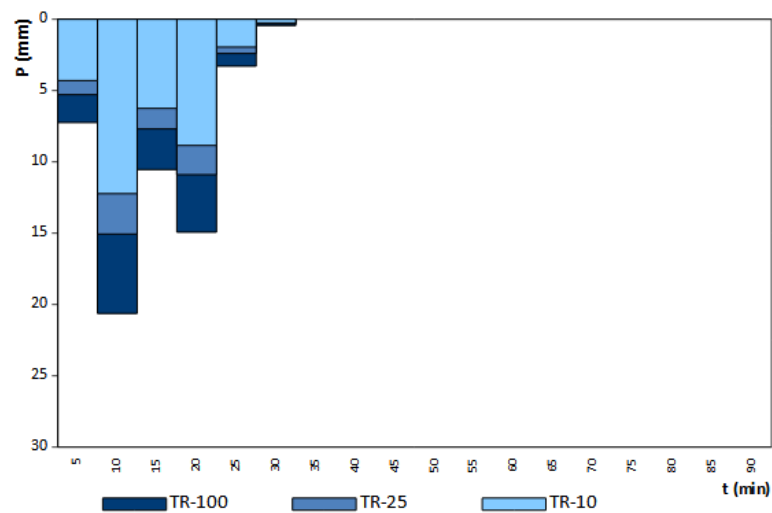
Os tempos de retorno de TR = 10 anos, TR = 25 anos e TR = 100 anos foram selecionados de acordo com as recomendações encontradas nos manuais de drenagem urbana para micro e macrodrenagem (DAEE/CETESB, 1980; SUDERHSA, 2002), com o objetivo de analisar a capacidade da estrutura hidráulica para eventos de diferentes magnitudes. Os hietogramas obtidos (Figura 8) através dos valores de precipitação apresentados na Tabela 3 foram inseridos posteriormente no modelo HEC-HMS para simulação dos eventos chuvosos, sendo monitorados por um período de 1h30, uma vez que o tempo de precipitação não é necessariamente igual ao tempo de escoamento, devido a interferências como a morfologia da bacia.

4.3.5 Modelagem hidrológica

Utilizando-se o modelo hidrológico HEC-HMS na sua versão 4.6 foi realizada a configuração dos elementos característicos da bacia (sub-bacias, trechos de canal e nós de simulação) e inseriu-se os parâmetros físicos de cada sub-bacia, como área, CN, Lag time, comprimento dos trechos do canal, dentre outros. O modelo HEC-HMS oferece a possibilidade de uso de diversos modelos no seu escopo para

transformação chuva-vazão e simulação da propagação de cheia ao longo do curso d'água. Para esta pesquisa selecionou-se o Método SCS para separação do escoamento superficial, como já citado anteriormente, e o Método de Muskingum para consideração do amortecimento da onda de cheia. A precipitação foi inserida no modelo através de hietogramas obtidos a partir da curva IDF. Na Tabela 4 são apresentados todos os parâmetros de entrada necessários para simulação, que foram calculados com auxílio da ferramenta Qgis 3.6 e planilhas Excel.

Figura 8: Hietogramas para os eventos com TR = 10, TR = 25 e TR = 100 anos



Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 3: Dados Pluviométricos dos eventos de projeto

Chuva de Projeto			Chuva Observada		
t(min)	TR=10	TR=25	TR=100	t(min)	P(mm)
5	4.30	5.29	7.24	10	6.6
10	12.23	15.06	20.63	20	18.8
15	6.25	7.69	10.54	30	9.6
20	8.85	10.90	14.93	40	13.6
25	1.95	2.40	3.29	50	3
30	0.26	0.32	0.44	60	0.4
Ptotal (mm)	33.84	41.665	57.075	Ptotal (mm)	52,0

Fonte: Autoria própria (2020)

Para escolha do método de cálculo do tempo de concentração, considerou-se a recomendação feita na literatura para bacias hidrográficas urbanas, que é de que o tempo de concentração seja calculado pelo método cinemático, com base no comprimento do trecho e da velocidade de escoamento. A velocidade sendo estimada

com base na declividade e tipo de revestimento do canal.

$$tc = \frac{L}{60 * v} + td \quad (2)$$

onde: t_c = tempo de concentração (min), L = comprimento do trecho (m), v = velocidade de escoamento (m/s) e t_d = tempo difuso (decorrido entre o início da chuva e a entrada do escoamento nos canais da macrodrenagem, em min).

Tabela 4: Dados de Entrada da Modelagem Hidrológica

DADOS DE ENTRADA	UND
Área (A)	Km ²
CN-Curva Número	-
Tempo de concentração (t_c)	Min.
Comprimento de Talvegue (L)	Km
Tempo de Translado	Min.
Lag time	Min.

Fonte: Autoria própria (2020).

Utilizando o método cinemático, o LAG time de cada sub-bacia, que é o tempo decorrido desde o CG (centro de gravidade) do hietograma até o pico do hidrograma, foi estimado como $LAG = 0,6t_c$. Para os trechos canalizados foram fornecidos parâmetros físicos como comprimento do trecho, declividade de fundo, geometria da seção transversal, e os parâmetros do modelo de propagação de cheia, que neste estudo foram os parâmetros a constante de tempo de trânsito K (em horas) e o fator de ponderação X (adimensional) requeridos no modelo de Muskingum. Os parâmetros relacionam a influência das vazões de entrada e saída de cada trecho no armazenamento promovido por este. Por fim, o comprimento de talvegue, ou seja, o percurso mais longo feito pela água em cada sub-bacia, foi calculado manualmente através do traçado de linhas no Qgis 3.6 considerando os arruamentos para definição. Além disto, considerou-se uma vazão de base inicial de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ para as sub-bacias. Nas especificações de controle das simulações, estabeleceu-se o intervalo de tempo a ser simulado de 1h30, ultrapassando a duração de 30 min de evento chuvoso, definido como tempo de controle após realizar testes para verificar o tempo de recessão do hidrograma no exutório da bacia.

4.3.6 Modelagem hidráulica

A modelagem hidráulica do curso d'água canalizado foi realizada após a modelagem hidrológica da bacia de contribuição do canal, uma vez que os hidrogramas de vazão gerados são o principal dado de entrada para simulação da capacidade de suporte da estrutura de drenagem. Além dos dados de vazão, foram necessárias as informações da geometria e revestimento do canal de drenagem, bem como o perfil longitudinal com as informações de elevação do terreno para entrada no modelo HEC-RAS versão 5.0.3. Na Tabela 5 apresentam-se os dados informados ao modelo.

Para sanar indisponibilidade e/ou incompletude de alguns dados necessários à modelagem hidráulica, foi realizada a compatibilização dos dados obtidos com informações georreferenciadas. Este foi o caso do perfil longitudinal e declividade do Canal da Ramadinha, que foram obtidos para o trecho inicial de 580 m de comprimento, sendo admitida a mesma declividade da base para extensão total do canal, que possui 1340 metros com declividade de 1,59%. Apesar das adaptações aportarem incertezas ao modelo, que discutiremos mais adiante, numa realidade de escassez de dados hidráulicos torna-se um artifício que viabiliza a representação e modelagem de um canal próximas ao real.

Tabela 5: Disponibilidade de dados para modelagem hidráulica

DADOS NECESSÁRIOS	DISPONIBILIDADE	FONTE
Seções transversais	DISPONÍVEL	(GIGOV CAIXA, 2018)
Perfil Longitudinal	INCOMPLETO	(GIGOV CAIXA, 2018)
Vazões de projeto em cada seção	DISPONÍVEL	Próprio Autor
Revestimento do canal	DISPONÍVEL	(GIGOV CAIXA, 2018)
Perfil topobatimétrico	INDISPONÍVEL	-
Modelo Digital do Terreno (MDE)	DISPONÍVEL	(TSUYUGUCHI, 2015)

Fonte: Autoria própria (2020).

A primeira etapa realizada no HEC-RAS consistiu na inserção da geometria do canal a partir dos projetos digitalizados. O curso d'água foi subdividido em 15 seções transversais com distância máxima de 120 m entre elas, de modo a informar sinuosidades e mudanças no entorno do canal ao longo do comprimento. O canal construído possui seção transversal constante (2,5 m de altura x 3,0 m de largura) e revestimento de concreto, porém, além da seção do canal, também foram inseridas

na geometria as larguras das vias de circulação e áreas verdes que possuem larguras variáveis ao longo do comprimento do canal. Partiu-se do pressuposto de que, em caso de extravasamento do canal, esta área se converteria em uma planície de inundação. Informou-se, juntamente aos dados de geometria no HEC-RAS, o coeficiente de rugosidade de Manning (n) igual a 0,016 para o canal de concreto considerado em condições regulares, e 0,035 para a planície de inundação. Por fim, dadas as características do Canal da Ramadinha e da microbacia, optou-se no HEC-RAS pelo modelo de remanso com escoamento uniforme, adotando-se a profundidade normal como condição de contorno à montante, e a profundidade crítica como condição de contorno à jusante.

4.4 Análise da Percepção Técnica e Social

4.4.1 Seleção dos moradores e equipe técnica

A população possui papel fundamental na avaliação dos serviços públicos implantados e busca por melhorias do ambiente urbano, uma vez que é a usuária e vivencia as possíveis limitações e deficiências nas intervenções urbanísticas, sendo a aplicação de questionários uma das maneiras de conhecer a realidade e percepção da comunidade. A Bacia da Ramadinha localiza-se em uma Zona de Recuperação Urbana, com cerca de 30% correspondente a ZEIS Invasão da Ramadinha II e, embora apresente carência de infraestrutura urbana na sua totalidade, a realidade vivenciada pela população é bastante heterogênea, com áreas com maior incidência de construções precárias e que necessitam de maior atenção do poder municipal.

Nesse contexto, o canal construído se inicia na área mais precária da bacia, com incidência de diversos problemas ambientais, e menor distanciamento das edificações à várzea do canal, e ao longo da sua extensão ocorre uma mudança nessas características de entorno, chegando-se a uma área urbanizada mais consolidada, com largas faixas laterais de preservação nas margens do canal. Dessa forma, a pesquisa propôs-se a entrevistar moradores que vivam nestas diferentes configurações urbanas da bacia e assim entender como estas diferenças se relacionam com o impacto da intervenção de drenagem e urbanização da bacia no cotidiano desses moradores.

Foram observados alguns critérios para indicar os pontos de interesse para

busca de entrevistados, como a proximidade com os nós de simulação utilizados na modelagem hidrológica e hidráulica. Em relação aos atores técnicos com atuação no poder municipal, estes foram selecionados de acordo com o levantamento dos integrantes das equipes técnicas que atuaram e ainda são atuantes na urbanização de assentamentos precários em Campina Grande, e mais especificamente na Urbanização de Bodocongó, área onde insere-se a Bacia da Ramadinha.

Os entrevistados do grupo dos atores técnicos tiveram atuação em setores distintos da Prefeitura, como a Secretaria de Planejamento, Secretaria de Obras, equipe de Trabalho Técnico Social, que participaram das etapas de elaboração, execução e fiscalização das obras. As questões formuladas (ANEXOS I e II) que integraram o roteiro de entrevista semiestruturada foram compostas por questões abertas, com perguntas introdutórias comuns a todos, e as demais personalizadas de acordo com a área de atuação do entrevistado. As questões da equipe técnica foram formuladas de maneira tal que fosse possível analisar os seguintes eixos: Gestão Participativa e Integrada, Participação Social, Ações Sociais desenvolvidas, Elaboração, Execução, Fiscalização do projeto e do Projeto de Trabalho Técnico e Social.

4.4.2 Elaboração e aplicação dos roteiros de entrevistas

As perguntas que integraram o roteiro de entrevistas passaram por revisões e readequações ao longo da pesquisa, onde também consideraram-se dúvidas que surgiram durante a análise dos projetos e da modelagem, de modo a obter-se um conjunto de perguntas que permitissem coletar as informações necessárias para a análise do impacto da intervenção na comunidade, sendo factível para o método de aplicação por chamadas telefônicas, minimizando quaisquer desconfortos decorrentes do número de perguntas, duração da entrevista e complexidade das perguntas, por exemplo.

Foram elaborados dois roteiros de entrevistas (ANEXO I), para a comunidade em geral, e um específico para os líderes comunitários, sendo abordadas questões acerca da satisfação com serviços urbanos disponíveis no geral, ocorrência de alagamentos antes e depois da intervenção, dificuldades enfrentadas durante eventos chuvosos, manutenção da infraestrutura urbana, problemas ambientais e urbanos enfrentados, e quais as mudanças que a intervenção proporcionou na comunidade,

com a construção do Canal da Ramadinha, implantação da rede de microdrenagem e demais obras que seguem em andamento. Em relação aos serviços urbanos, foram elencados todos os serviços disponíveis no município, para que os moradores classificassem de 1 a 5, sendo 1-péssimo, 2-ruim, 3-regular, 4-bom e 5-excelente.

Devido às dificuldades de ir a campo mediante a pandemia de COVID-19 e necessidade de distanciamento social durante o ano de 2020, as entrevistas foram conduzidas a distância, através de chamadas de voz e vídeo. Sendo assim, os números de contato de moradores foram indicação de lideranças comunitárias e dos próprios moradores entrevistados, que indicavam familiares e/ou amigos. A equipe técnica foi alcançada através do contato direto com funcionários da prefeitura, que já tinham colaborado com pesquisas anteriores do programa de pós-graduação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Discretização e Uso do Solo da Bacia

A bacia possui 128 hectares de área e foi discretizada em 23 sub-bacias (Figura 9). A discretização considerou como critérios: a rede natural de drenagem, a declividade do terreno, pontos favoráveis a alagamentos, presença de passarelas e bueiros ao longo do canal e os arruamentos, uma vez que a microdrenagem na área de estudo é majoritariamente superficial. Dessa forma, os exutórios das sub-bacias constituíram-se como pontos de interesse para verificação da magnitude das vazões máximas escoadas, posteriormente. Embora o processo de discretização tenha interferência da parcialidade do modelador, buscou-se seguir as prerrogativas já seguidas pelos profissionais da área, subdividindo-se lateralmente as contribuições ao longo do curso d'água canalizado, por exemplo. Na Figura 10 é ilustrado o CN médio para cada sub-bacia, ponderado de acordo com a metodologia descrita anteriormente. É possível observar os altos níveis de impermeabilização da bacia, sobretudo nas áreas adjacentes ao curso d'água canalizado, que é mais fortemente urbanizada, com presença maior de áreas verdes e de solo exposto nas áreas mais afastadas a montante do canal.

Figura 9: Discretização da Bacia da Ramadinha

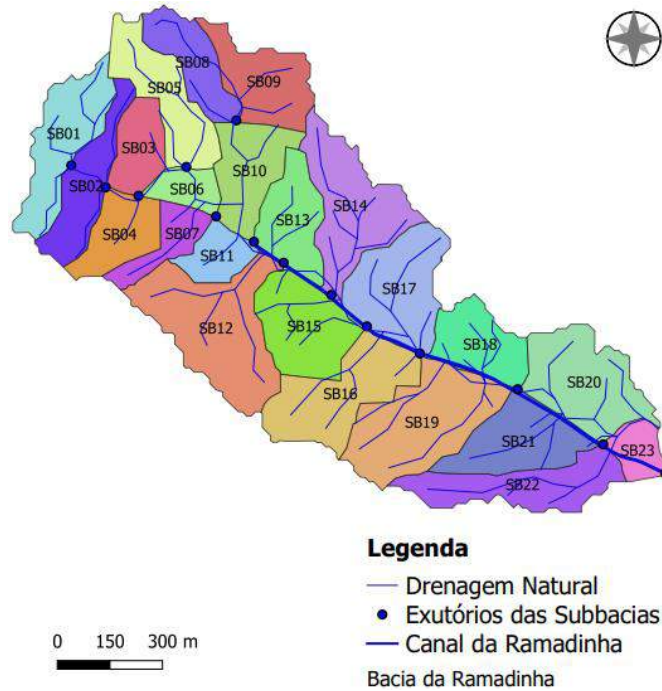


Figura 10: Caracterização do uso do solo da bacia pelo CN médio



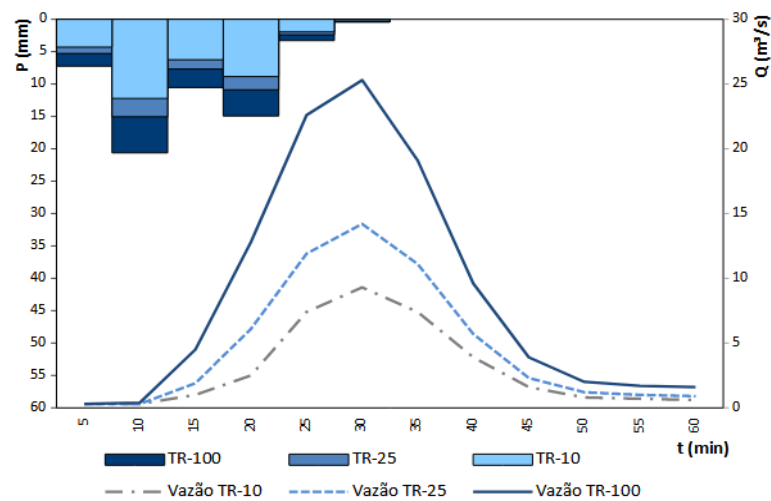
Santos et al. (2017) apontaram a presença de diversas residências em desacordo com Código de Obras do Município de Campina Grande, que estipula uma área permeável mínima de 20% por lote construído (PMCG, 2013) como uma realidade comum no município, e a área de estudo desta pesquisa não é uma exceção. Alves et al. (2020) observaram o impacto nas modificações do uso do solo urbano no escoamento superficial na Bacia da Ramadinha, onde um aumento de 55% na área urbanizada entre os anos de 1986 e 2019 implicaram no aumento da vazão

de cheia de 466%, 316% e 218% para os eventos de projeto de TR = 2 anos, 5 anos e 25 anos, respectivamente.

5.2 Modelagem Hidrológica e Hidráulica

A modelagem hidráulica e hidrológica permitiu simular o comportamento hidrológico da Bacia da Ramadinha e a capacidade hidráulica do canal de drenagem, realizada com o pacote HEC para bacias e rios. Para isto, após a delimitação e estudo do uso e ocupação do solo, seguiu-se com o cálculo dos demais parâmetros de entrada necessários, como comprimento de talvegue, áreas das sub-bacias, tempo de concentração e Lag time, os eventos de projeto para TR = 10, 25 e 100 anos, sendo gerados hidrogramas para todos os nós de simulação no modelo HEC-HMS versão 4.6. Na Figura 11 é mostrado o hidrograma no exutório da bacia, que corresponde ao último nó da simulação e as vazões máximas.

Figura 11: Hidrograma com vazões máximas no exutório da Bacia da Ramadinha



Vazão máxima no exutório da bacia

TR=10 anos	TR=25 anos	TR=100 anos
9,3 m ³ /s	14,2 m ³ /s	25,5 m ³ /s

A fim de verificar o comportamento do escoamento das águas no canal, integraram-se as informações de vazões obtidas no HEC-HMS ao modelo hidráulico HEC-RAS, com as informações de revestimento, geometria de seção transversal e perfil longitudinal do canal. Foram inseridas 15 seções transversais ao longo do canal,

com espaçamento máximo de 120 metros, com 7 destas posicionadas nos mesmos pontos dos nós de simulação do HEC-HMS. Utilizando-se o modelo de escoamento uniforme, foi inserida a vazão máxima obtida em cada seção/nó do modelo hidrológico para os tempos de retorno de projeto. Na Tabela 6 têm-se as vazões máximas para cada seção inserida no HEC-RAS. O escoamento superficial ao longo do Canal da Ramadinha é ilustrado na Figura 12, onde percebe-se que o nível d'água para todas seções transversais, mesmo para o evento crítico com TR=100 anos, se mantém abaixo da profundidade crítica definida pelo HEC-RAS, que é de 77,6% da profundidade do canal, e corresponde a uma borda livre do canal de 0,56 m. Na Figuras 13 tem-se o perfil longitudinal da lâmina d'água escoada e na Figura 14 a seção transversal no exutório do canal.

Tabela 6: Vazões máximas nos nós de simulação do HEC-HMS

SEÇÃO	TR10	TR25	TR100
15	4.0	6.3	11.4
12	5.8	9.0	16.3
11	6.3	9.3	17.6
9	7.4	11.7	20.6
6	8.3	12.7	22.6
3	9.3	14.2	25.5
1	9.3	14.2	25.5

Figura 12: Lâminas d'água no Canal da Ramadinha para o TR = 100 anos.

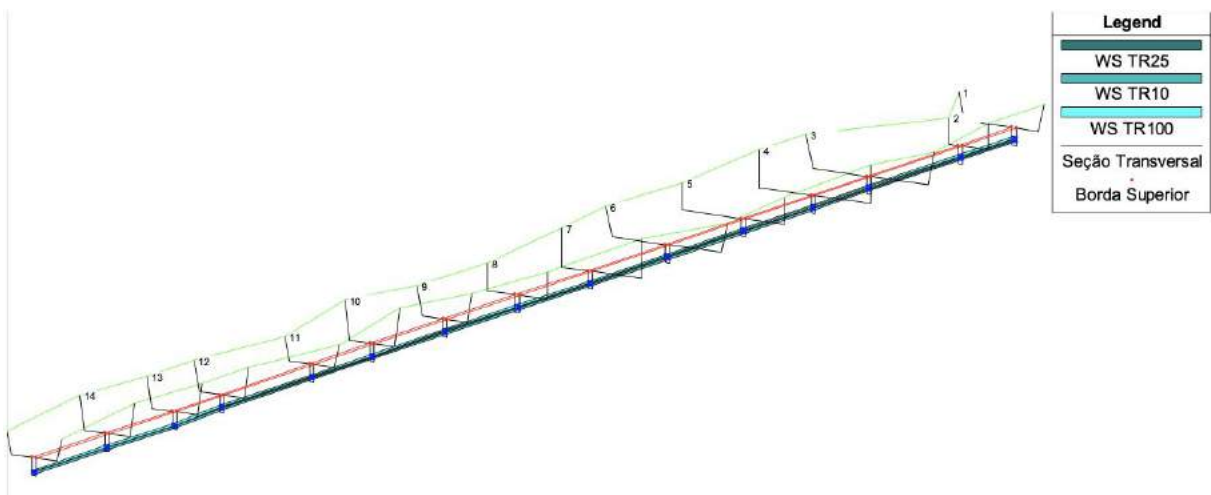


Figura 13: Perfil longitudinal da lâmina d'água no Canal da Ramadinha - TR 100 anos

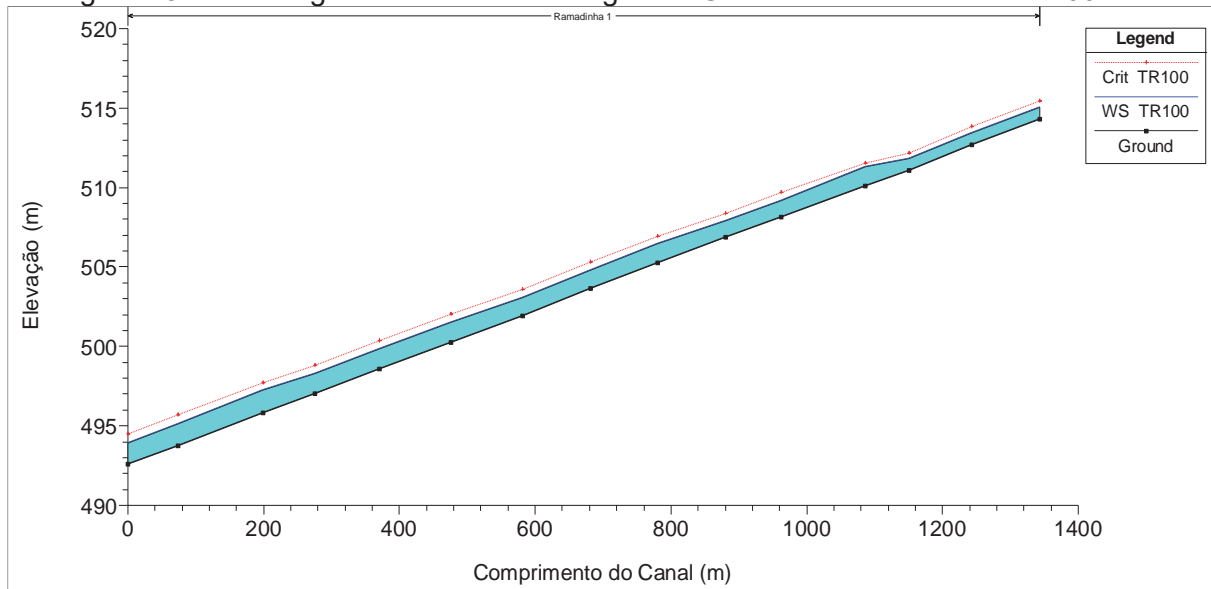
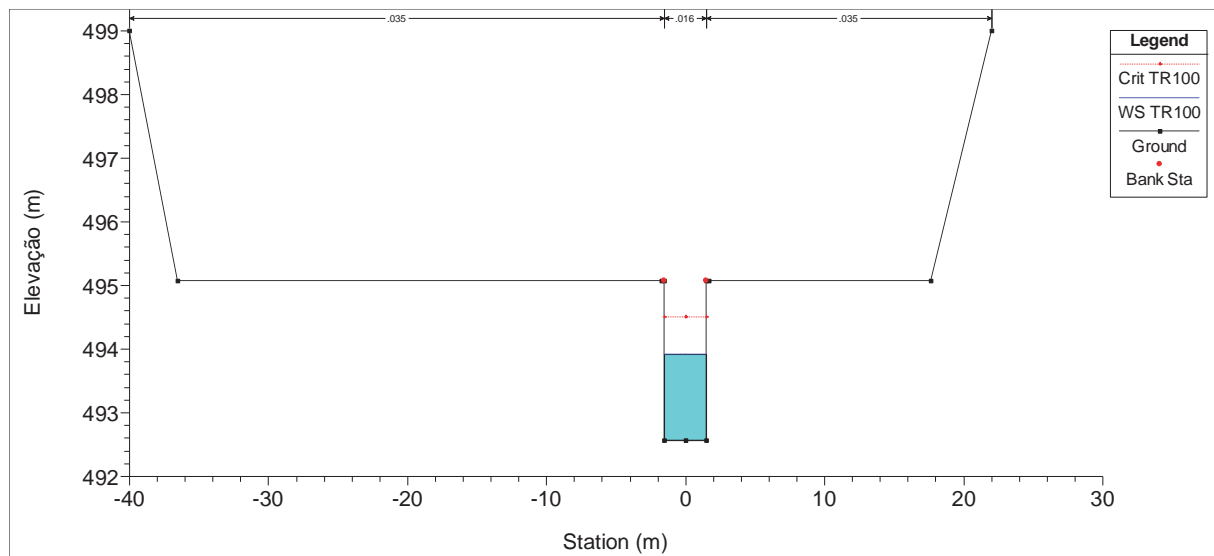


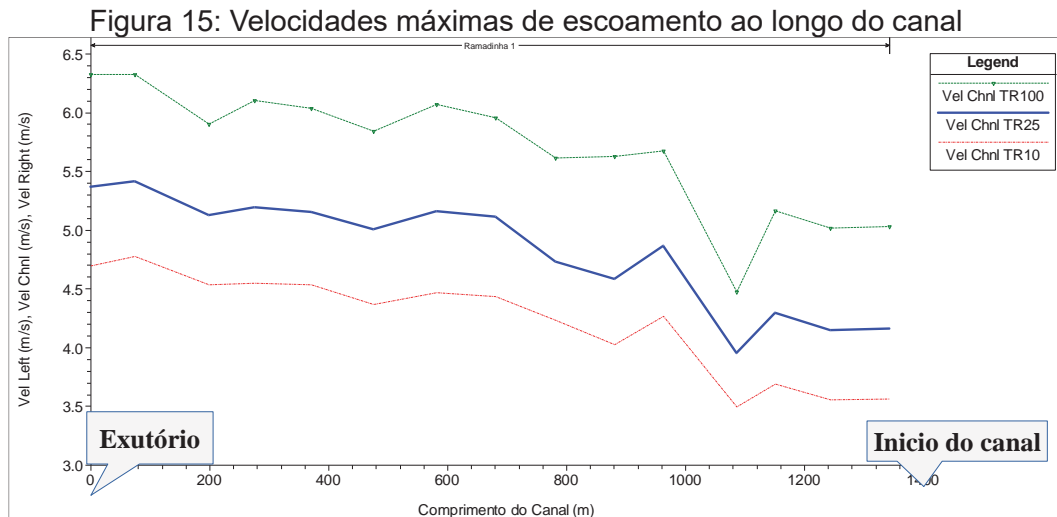
Figura 14: Seção Transversal 1 – Exutório do Canal da Ramadinha - TR 100 anos



Destaca-se que, para considerar eventuais extravasamentos do canal para as vias paralelas, as seções transversais inseridas no software incluíram, além da seção geométrica do canal, a planície de inundação. Durante o processo de modelagem, os relatos da equipe técnica da prefeitura foram imprescindíveis para sanar dúvidas sobre as características do canal e de sua execução. Ademais, os relatos dos moradores foram utilizados para validar os resultados obtidos, uma vez que não foi possível realizar visitas em campo e não há dados observados para calibração e validação do modelo da bacia estudada.

Embora o canal mantenha o nível d'água próximo a 50% da profundidade do

canal para o evento mais crítico, é válido ressaltar que as velocidades de escoamento máximas nas seções ultrapassam os limites recomendados nos manuais e projetos de drenagem urbana, que é de no máximo 5 m/s em canais abertos. Neste caso, como mostradas na Figura 15, as velocidades chegam a 5,4 m/s, 6,20 m/s e 7,30 m/s para os tempos de retorno de 10, 25 e 100 anos, respectivamente.



As simulações realizadas nesta pesquisa não consideraram degraus dispostos ao longo do canal, devido à impossibilidade de levantamento de campo e indisponibilidade do projeto. Os degraus consistem em uma das estruturas comumente utilizadas para redução da energia de escoamento e da declividade em canais, no entanto, deve-se atentar para manutenção com retirada de detritos para evitar o assoreamento dos degraus. De acordo com os entrevistados da Equipe Técnica e moradores esta manutenção não ocorre satisfatoriamente, com relatos de ausência de limpeza regular do canal e despejo de resíduos no curso d'água.

A escassez de dados hidrológicos, principalmente a atualização do modelo digital de elevação (MDE) com o perfil topo-batimétrico do Canal da Ramadinha e o projeto de terraplanagem, impossibilitou uma modelagem bidimensional realista do escoamento superficial no HEC-RAS, ou seja, considerando possíveis retenções em depressões no terreno da bacia além dos limites da seção do canal e planície de inundação do modelo. A eventual disponibilidade das atualizações das modificações no terreno e o projeto de terraplanagem do projeto possibilitaria mapear e comparar ruas afetadas com alagamentos e identificadas pelos moradores através das entrevistas.

O modelo hidráulico assume o papel de verificar a capacidade hidráulica da medida estrutural adotada para solucionar os problemas de drenagem implementada na intervenção do PAC-UAP na Bacia da Ramadinha, sendo possível analisar o nível d'água no canal durante os eventos extremos e a velocidade de escoamento. Além disto, o modelo pode ser utilizado para analisar seções alternativas para o canal que apresentem o melhor desempenho hidráulico e custo-benefício. No entanto, é importante frisar que o suporte às vazões de cheias de projeto do canal é apenas um dos parâmetros a serem considerados na avaliação do projeto implantado.

5.3 Capacidade de suporte das estruturas de drenagem

O estudo preliminar do projeto de drenagem urbana no PAC-UAP, através da análise dos arquivos disponibilizados pela Gerência Executiva de Governo (GIGOV) e coletados por Oliveira (2019), antecedeu a modelagem hidráulica e hidrológica e a aplicação dos questionários. Obteve-se acesso a relatórios fotográficos, medições mensais, além do projeto parcial de drenagem do Canal da Ramadinha, rede de esgotamento sanitário, serviços de terraplanagem e pavimentação, dentre outros serviços executados na intervenção.

As obras da intervenção foram executadas em duas etapas, com o início da segunda etapa em 2017, após um período de mais de três anos de paralisação após conclusão da primeira etapa, de acordo com o depoimento de um representante da Secretaria de Planejamento e de moradores durante reportagem realizada em abril de 2017, disponibilizada na plataforma *Facebook* (RODRIGUES, 2017). O Canal da Ramadinha foi executado de jusante para montante, e os arquivos disponibilizados para análise nesta pesquisa são principalmente da segunda etapa, que contemplou os 580 m, conforme ilustrado na Figura 16 e apresentado na Tabela 7. Cabe salientar que houve divergência em relação aos prazos de paralisação informados pelos entrevistados, acatando-se o prazo relatado na reportagem jornalística citada anteriormente. Ademais, têm-se que terceira etapa da construção do canal está em processo de licitação pela Prefeitura Municipal, enquanto continuam em andamento as obras de esgotamento sanitário, microdrenagem e pavimentação com paralelepípedo.

Tabela 7: Intervenções realizadas nas etapas de projeto na Bacia da Ramadinha

Etapas	Período	Intervenções Realizadas
1ª Etapa	2007-2012	Extensão de 770 m do Canal da Ramadinha, Esgotamento Sanitário, Micro drenagem. Pavimentação.
2ª Etapa	2017-Atual	Extensão de 580 m do Canal da Ramadinha, Esgotamento Sanitário, Micro drenagem, Pavimentação.

Figura 16: Etapas de execução do Canal da Ramadinha



De acordo com Memorial Descritivo do projeto, o dimensionamento da micro e macrodrenagem foi realizado através do Método Racional, metodologia amplamente difundida nos projetos de drenagem urbana. Aqui, nesta dissertação, buscou-se verificar a capacidade hidráulica de suporte do canal para as vazões máximas obtidas pelo Método Racional e pelo modelo HEC-HMS. Os dados utilizados são apresentados na Tabela 8, onde têm-se divergências entre os parâmetros hidrológicos adotados.

Tabela 8: Comparação de dados utilizados no dimensionamento

DADOS HIDROLÓGICOS	MÉTODO RACIONAL	MODELO HEC-HMS
Tempo de Retorno (TR)	10 anos	10, 25 e 100 anos
Tempo de Concentração (tc)	10 min	30 min
Uso e Ocupação do Solo	Coeficiente de Deflúvio (C) = 0,6	Cn médio = 83,4
Intensidade (i)	91 mm/h	67,68 mm/h; 83,33 mm/h e 114,15 mm/h
Área (Km ²)	0,378 km ²	1,28 km ²
Seção - Canal Retangular	Base-3,0 m Altura- 2,5 m	Base-3,0 m Altura- 2,5 m

Com o intuito de verificar o efeito da diferença entre os parâmetros adotados no dimensionamento, utilizaram-se os valores de área da bacia, intensidade de projeto para TR = 10 anos e tempo de concentração calculados nesta pesquisa, com coeficiente de deflúvio médio de 0,70 utilizado para áreas residenciais densas Wilken (1978) para aplicação do Método Racional. Encontrou-se uma vazão máxima de projeto de 16,85 m³/s, aproximadamente 200% acima da vazão de projeto dada pelo Memorial Descritivo analisado. Essa discrepância se deu principalmente devido aos erros de projeto na definição da área, tempo de concentração da bacia de contribuição e o coeficiente de deflúvio adotado não corresponder à impermeabilização do solo e/ou as projeções de urbanização da bacia.

Ademais, as intensidades obtidas com a curva IDF, elaborada pela equipe da empresa contratada pela prefeitura, através da distribuição de Gumbel, coincidem satisfatoriamente com os valores da curva IDF de Aragão et al. (2000) para Campina Grande, comumente aplicada e aceita em pesquisas anteriores e utilizada neste trabalho. Porém, ao comparar as duas curvas IDF, notou-se que os projetistas adotaram uma intensidade de projeto de 91 mm/h para TR=10 e duração de 10 minutos, que não corresponde ao valor dado pela curva IDF elaborada, que seria de 114 mm/h para os mesmos parâmetros.

Através da equação de Manning (Equação 3), verificou-se que o Canal da Ramadilha possui capacidade de suporte para uma vazão máxima de 42,53 m³/s, de modo que suportaria a vazão de projeto calculada a partir do Método Racional.

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{2/3} \cdot \sqrt{i}}{n} \quad (3)$$

onde Q é vazão escoada em m³/s; Rh é o raio hidráulico da seção (m), i é declividade do canal em m/m, A é a área da seção transversal em m² e n o coeficiente de Manning.

A fim de redimensionar o canal de estudo, de acordo com a vazão máxima de 16,85 m³/s, utilizou-se a Equação 3 tendo como incógnita a profundidade (h), mantendo a largura de 3 metros como base do canal, n=0,016 e i=0,0158 como adotado na modelagem.

$$16,85 = \frac{1}{0,016} \cdot \left(\frac{3h}{3+2h} \right)^{(2/3)} \cdot 0,0158^{(1/2)}$$

Com isto, $h = 1,05$ m e, considerando uma borda livre de 20% da profundidade, têm-se que um canal com 3,0 m de base e 1,26 m de profundidade suportaria as vazões calculadas através do Método Racional, com uma redução de 50% em relação à profundidade de 2,50 m do canal que foi construído, ou seja, houve a superestimação das dimensões da seção do canal no projeto, que poderia ter sido evitada com o dimensionamento correto e consideração de outras particularidades, como a variação da profundidade e largura de base ao longo do comprimento do canal, análises fundamentais uma vez que as dimensões do canal impactam aspectos da intervenção como o custo econômico, número de desapropriações necessárias na várzea do canal, na mobilidade urbana e relação da comunidade com a intervenção.

Os resultados da modelagem hidráulica do canal se mostram coerentes com a capacidade hidráulica calculada previamente através da equação de Manning e o canal suporta as cheias de projeto para os TR = 10, 25 e 100 anos, como mostra a Figura 12. Os níveis máximos d'água para os eventos simulados foram de 0,66 m, 0,86 m e 1,34 m na seção final do canal para os TR = 10, 25 e 100 anos, respectivamente, ou seja 31,40%, 40,95% e 63,80% da altura da seção do canal. Considerou-se uma borda livre de 10% a 30% da profundidade, com no mínimo 0,40 m (DAEE, 2005; PORTO, 2006). Observa-se que o canal redimensionado (seção 3,0 m x 1,30 m), como citado anteriormente, atenderia às vazões máximas com TR = 10 e 25 anos. Para atender ao evento chuvoso com TR = 100 anos, a profundidade mínima do canal seria de 1,70 m, também inferior ao canal construído. Neste caso, fica claro que a canalização poderia ter dimensões menores, reduzindo assim os custos econômicos e o tempo de execução da obra, e a estrutura de drenagem seria condizente com as vazões máximas escoadas na Bacia da Ramadinha.

5.4 Percepção técnica

As entrevistas realizadas remotamente com integrantes das equipes técnicas da Secretaria de Obras (SECOB) e Secretaria de Planejamento, Gestão e Transparência (SEPLAN) do município mostraram-se imprescindíveis para a compreensão das etapas de projeto (elaboração, execução e fiscalização) e avaliação dos resultados obtidos com a urbanização e intervenções realizadas. Os principais apontamentos que auxiliaram no entendimento de como ocorreram as etapas do

projeto são apresentados no Quadro 2.

Foi consenso entre os entrevistados que os conflitos na desapropriação das famílias na várzea do canal foram um dos principais entraves do projeto. Ademais, a proposta foi licitada com o projeto básico devido ao curto prazo disponível durante o processo licitatório, segundo os entrevistados, com o projeto executivo elaborado posteriormente. Nesse ponto, a necessidade de reprogramações devido a ajustes nos projetos pode ser um reflexo da falta de um escopo do projeto consolidado no início da obra, e contribuiu para os atrasos no cumprimento do cronograma de execução.

Quadro 2: Considerações e apontamentos da equipe técnica

Elaboração do projeto	<ul style="list-style-type: none"> • O projeto tinha o objetivo de remover famílias de áreas de risco de inundação nas margens do Açude de Bodocongó e Ramadinha e melhorar a salubridade ambiental. • Obra licitada com o projeto básico, sem conter os detalhes do projeto executivo. • 2 empresas vencedoras para Urbanização Bodocongó: uma para construção de unidades habitacionais e outra para infraestrutura urbana. • Licitação exclusiva para o Projeto de Trabalho Técnico e Social (PTTS). • Projeto executivo do Canal da Ramadinha elaborado por contratada da construtora Galvão Andrade, vencedora da licitação. • A prefeitura não teve nenhuma interveniência e discussão técnica sobre o projeto, metodologia de dimensionamento, e a concepção do projeto. • Metodologia única para execução e fiscalização dos projetos do PAC-UAP em Campina Grande, sem considerar particularidades dos assentamentos precários. • Reprogramações devido à interferência das desapropriações no cronograma da obra. • Tais reprogramações estavam sob responsabilidade da Secretaria de Obras e não de Planejamento, como era esperado. • Não foi possível confirmar a consideração de técnicas alternativas de drenagem sustentável na concepção do projeto, porém deliberadamente ou não, o projeto preservou faixas de área verde ao longo do canal, com larguras superiores aos limites mínimos do Plano Diretor Municipal em 55% do comprimento do canal.
	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciou-se a execução com o projeto executivo em andamento, alegando-se ser necessário para liberação de recursos pelo Ministério das Cidades. • As desapropriações de imóveis irregulares na várzea do canal e o conflito entre o poder municipal e os moradores acerca das indenizações, consistiram na maior problemática durante a execução da obra, acarretando atrasos nas atividades. • O canal foi executado em duas etapas, ambas com a construtora Andrade Galvão, com paralisação de cerca de 4 anos entre as etapas. • Houve remoção de volume considerável de material mole da calha do canal e material de 3ª categoria, que não estavam previstas

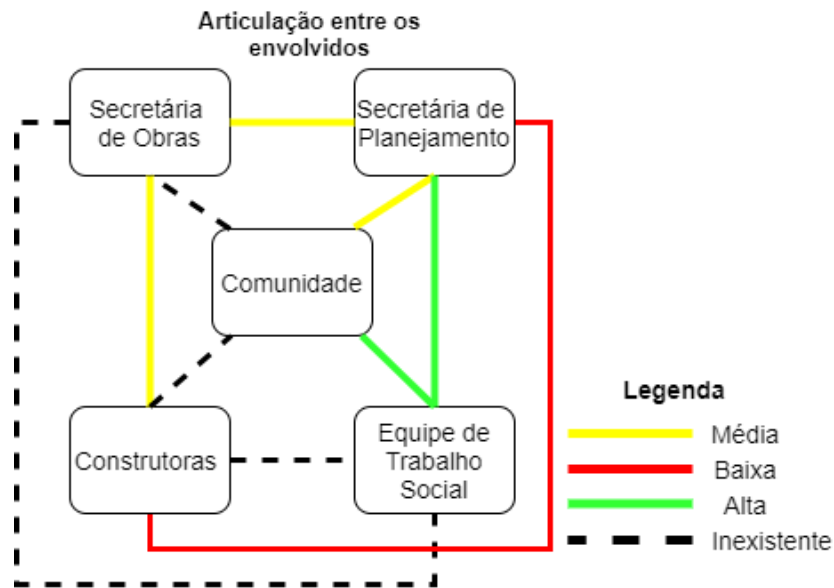
Execução do Projeto	<p>conforme será indicado na seção Fiscalização na sequência deste quadro.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A implantação da rede de micro drenagem foi condicionada pela presença ou ausência de pavimentação nas vias que não tinham sido previstas micro drenagem inicialmente. • As bocas de lobo e caixas coletoras concentram-se, principalmente, nos pontos de chegada das ruas transversais ao Canal da Ramadinha para o direcionamento das águas coletadas para o canal. • O canal de drenagem foi concluído, porém as obras de esgotamento sanitário e de micro drenagem seguem em andamento, além de construções a serem desapropriadas no entorno do canal. • Percebe-se a reincidência das ocupações irregulares, dos moradores já indenizados e removidos. • A participação comunitária no projeto deu-se a partir da equipe de Trabalho Técnico Social, que era independente e desarticulada da equipe de execução da obra. • Pretendia-se urbanizar as áreas verdes nas laterais do canal, que possuem entre 20 a 45 m de largura, com instalação de áreas de lazer após concluir as obras do PAC, porém o projeto não foi levado adiante, tornando-se uma área pública subutilizada após a conclusão do canal.
Fiscalização do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • A fiscalização era diária quando se executavam serviços complexos ou era requisitado, e em dias alternados, quando não se tinha muitas alterações na obra no período. • A documentação era feita através de fotografias e relatório de campo, utilizadas para medição física mensal e preenchimento da planilha resumo, pré-requisito para recebimento dos recursos. • O fiscal recebia e avaliava a medição da construtora responsável pela execução, e acompanhava o engenheiro da CAIXA na vistoria para conferir os valores da medição e liberação dos recursos. • Nas reprogramações de serviços, esperava-se acumular itens a serem incluídos ou modificados no projeto para justificar a necessidade de aditivo e notificar a CAIXA. • Escavações volumosas de material de 3ª categoria foram um dos principais motivos de reajustes no projeto. A sondagem do terreno, realizada a cada 50 m, desconsiderou afloramento de rochas a menos de 2 m em algumas áreas. • O atraso no repasse de recursos para a obra foi outro fator que ocasionou atrasos devido a interrupção do andamento da obra.

A análise da gestão participativa e integrada dos órgãos, secretárias e demais envolvidos no projeto foi elencada como indicativo da articulação ou desarticulação institucional, uma vez que a comunicação e integração das instituições influencia positiva ou negativamente os resultados do projeto, de acordo com a fragilidade ou fortalecimento da ligação entre esses atores. Os entrevistados foram questionados quanto à participação e articulação entre seu setor de atuação e os demais durante o projeto, em relação ao contato e compartilhamento de informações entre os órgãos envolvidos, de modo que a articulação entre os setores foi classificada como

inexistente, baixa, média ou alta.

Observou-se que a SECOB possuía uma comunicação mais ativa com as equipes das construtoras contratadas, enquanto a SEPLAN manteve um relacionamento mais próximo à equipe do Projeto de Trabalho Técnico Social (PTTS), sendo possível notar uma segmentação parcial dos setores envolvidos, embora houvesse comunicação entre as secretarias municipais. Na Figura 17 são ilustrados os níveis de articulação de acordo com a análise das respostas dos entrevistados.

Figura 17: Níveis de articulação dos atores envolvidos no projeto



Quanto à participação social nos processos decisórios da intervenção, os entrevistados apontaram que esta ocorreu fortemente relacionada às desapropriações realizadas no entorno do canal e às atividades desenvolvidas pela equipe de trabalho técnico social. As ações que integraram o PTTS na Bacia da Ramadinha foram majoritariamente voltadas ao eixo de *Educação Sanitária e Ambiental (ESA)*, em detrimento aos eixos *Mobilização e Organização Comunitária (MOC)*, *Geração de Trabalho e Renda (GTR)*, de acordo com os dados fornecidos pela atual equipe de trabalho técnico social. Foram observadas diversas atividades em colaboração com escolas municipais, Unidade Básica de Saúde do bairro, Superintendência de Trânsito e Transportes Público (STTP), Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA) e palestrantes da comunidade acadêmica. No Quadro 3 são apresentadas as ações sociais realizadas pela equipe de trabalho técnico social, composta por assistentes sociais e psicólogos.

Quadro 3: Atividades desenvolvidas pela equipe de Trabalho Técnico Social

Ações Sociais Realizadas	
1	Oficina de Mobilidade Urbana – Parceira com STTP
2	Orientação Coleta Seletiva – Parceria com SESUMA
3	Educação Patrimonial
4	Educação Sanitária e Ambiental- Recursos Naturais
5	Mobilização – Orientações sobre o Coronavírus
6	Educação Sanitária e Ambiental: Vigilância em Saúde
7	Palestra sobre Arborização Urbana – Online
8	Ação de Plantio de Mudas – Parceria com a SESUMA
9	Gincana Sou Solidário com Meio Ambiente

Fonte: Equipe do Trabalho Social (2020).

Percebe-se o esforço da equipe para levar principalmente a educação ambiental aos moradores e estimular a consciência ambiental, com abordagens de diferentes temáticas. Contudo, os profissionais relataram haver dificuldades em mobilizar a comunidade, devido à resistência da população em participar das ações promovidas. O envolvimento dos alunos de escolas municipais e estaduais, bem como a parceria com profissionais da educação e órgãos públicos e privados, foram fundamentais para perceberem alguns resultados satisfatórios.

No período de pandemia do COVID-19 no ano de 2020, a equipe de trabalho técnico social utilizou-se das redes sociais como *Instagram* e *WhatsApp* para criação de conteúdos informativos com textos, vídeos e imagens (ANEXO III) a respeito da temática ambiental, abordando também a conscientização a respeito dos cuidados de higiene necessários no período de pandemia, com resultados animadores de engajamento da comunidade, sendo um modelo que pretende-se manter após o período de distanciamento social.

Tendo em vista que os relatos dos moradores indicam a existência de problemas ambientais, tais como o despejo de lixo em terrenos baldios, lançamento de esgoto e lixo no canal de drenagem e esgotamento a céu aberto, as iniciativas sociais implementadas tornam-se fundamentais para o estímulo à mudança de comportamento e consequente melhoria da salubridade ambiental do bairro, sendo também reforçadas como ações extremamente importantes pela equipe técnica dos demais setores da prefeitura.

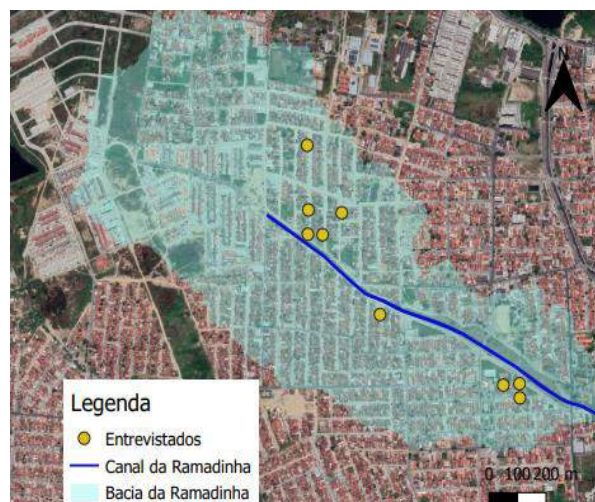
As desapropriações de moradias em áreas de risco para construção do canal

foram indicadas como a maior fonte de conflito entre a população e a prefeitura, que a princípio não concordavam acerca do valor do imóvel a ser indenizado, sendo uma problemática que repercutiu negativamente em todos os âmbitos envolvidos no projeto, e demonstra uma falha no planejamento da intervenção.

5.5 Percepção social da comunidade

As entrevistas com os moradores foram realizadas através de chamadas de voz, com o apoio de líderes comunitários locais, que fizeram a intermediação no contato. Contudo, a inviabilidade de contatar os moradores devido ao contexto de pandemia implicou na redução do número de entrevistados possíveis. Dessa forma buscou-se moradores mais antigos e com maior participação comunitária, residentes em diferentes áreas próximas aos nós de simulação dos modelos, definidos anteriormente seguindo critérios como a proximidade de pontos favoráveis a alagamentos, passarelas e bueiros ao longo do Canal da Ramadinha, de modo a obter-se respostas representativas da vivência da comunidade como um todo. No total foram entrevistados 11 moradores, 5 mulheres e 6 homens com faixa etária majoritariamente entre 30 e 50 anos, residentes das áreas mostradas na Figura 18.

Figura 18: Localização dos entrevistados na Bacia da Ramadinha



A fim de analisar o acesso e qualidade dos serviços urbanos na comunidade, no Quadro 4 são apresentadas a avaliação predominante acerca dos serviços e as principais considerações dos moradores.

Quadro 4: Classificação dos serviços urbanos pelos entrevistados

SERVIÇOS URBANOS	AVALIAÇÃO	CONSIDERAÇÕES DOS ENTREVISTADOS
Abastecimento de Água	Bom a Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • Intermitência no fornecimento de água, agravada no período de racionamento entre 2015 e 2017- Moradores de áreas altas da Ramadinha II.
Esgotamento Sanitário	Regular a Bom	<ul style="list-style-type: none"> • O esgotamento sanitário a céu aberto ainda é relatado em algumas ruas, principalmente na área mais carente, localizada a montante do Canal da Ramadinha. • Há contribuição de esgotamento sanitário no canal de drenagem, devido as ligações clandestinas. • Há extravasamento de poços de visita e canos estourados frequentemente durante as chuvas, que implica no esgoto sanitário escoando nas ruas com as águas pluviais.
Coleta de Resíduos	Bom a Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • Apesar da coleta de resíduos regular - 3 vezes na semana - os depósitos irregulares em terrenos baldios persistem.
Iluminação Pública	Bom a Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • Embora avaliada positivamente, há alguns pontos nas ruas e trechos das vias paralelas do canal com ausência de iluminação.
Vias de Circulação de pedestres	Bom a Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • Não há padronização das calçadas, e devido às diferenças de altura, os moradores optam por transitar na via de veículos. • As calçadas foram consideradas mais confortáveis e regulares no bairro Severino Cabral.
Transporte Público	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • O bairro é bem atendido em relação ao número de ônibus, mas tem falha na distribuição dos pontos de parada.
Limpeza Urbana	Inexistente	<ul style="list-style-type: none"> • Não há serviços de varrição das ruas.
Áreas Verdes	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • Número considerável de áreas verdes próximo as residências, sendo a mais significativa nas margens do Canal da Ramadinha executado na 1ª etapa.
Áreas de Lazer	Regular	<ul style="list-style-type: none"> • Falta opções de lazer, e as existentes (Campo de futebol, 2 academias públicas em praças) não são distribuídas uniformemente.
Drenagem pluvial das vias	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> • Após as obras de micro drenagem e pavimentação, foram sanados os problemas no escoamento das águas de chuvas para a maior parte dos entrevistados. • No entanto, moradores das partes mais baixas da bacia, em ruas sem infraestrutura, relatam alagamentos e a necessidade de medidas de contenção individuais na entrada das residências.

De acordo com os relatos dos moradores, antes da construção do canal – primeira etapa (2007-2012) e segunda etapa (2017-2018) – havia problemas com alagamentos na várzea do canal, onde havia moradias de risco, acúmulo de vegetação e espaço de criação de animais por moradores. Além disto, algumas ruas

nos seus pontos mais baixos também sofriam com alagamentos e invasão de água durante as chuvas, como ilustrados na Figura 19. As ruas Florípedes Coutinho, Marinaldo Vitorino Filho, Rubens Dutra Segundo, Luiz Mota, e a Travessa Mauro Rodrigues Coura destacadas como as ruas mais críticas.

Figura 19: Áreas alagáveis identificadas por moradores antes da intervenção



Em algumas residências, localizadas nos pontos baixos das ruas, os moradores construíram barreiras nas portas, instalaram tubulações nas calçadas e/ou aterraram a construção, como medidas de proteção contra a entrada de água durante chuvas fortes, como ilustrado na Figura 20. O problema de invasão das águas de chuvas nas residências não foi resolvido com a construção do canal, embora tenha melhorado as condições de drenagem do entorno das casas. Em ruas que ainda não receberam pavimentação e infraestrutura de drenagem, como a Rua Luiz Mota e Travessa Mauro Rodrigues Coura, a problemática permanece durante as chuvas fortes. A pavimentação das vias com paralelepípedo e implantação de bocas de lobo para coleta das águas pluviais solucionou este problema em outras vias da bacia, como na Rubens Dutra Segundo. Foram elencadas situações anteriores graves

decorrentes das chuvas nas ruas Marinaldo Vitorino Filho e Luiz Mota, como a queda de muros devido a força de pressão das águas, afloramento de água dentro de casas e ocorrência de lâmina d'água de cerca de 1,0 m dentro das casas em eventos extremos, ocasionando perdas materiais no ano de 2011, ano no qual o município registrou chuvas acima da média anual.

Figura 20: Barreiras instaladas nas residências para impedir entrada de água



Fonte: Acervo pessoal moradores (2021)

Com a canalização do curso d'água sem a conclusão das obras de microdrenagem e pavimentação, há continuidade de questões como: alagamentos nas ruas próximas, inclusive nas vias paralelas do canal, entrada de água em residências próximas ao canal em dias chuvosos extremos nas ruas que ainda não foram beneficiadas com a implantação de bocas de lobo para coleta das águas pluviais e pavimentação, embora não haja extravasamento do canal construído, como ilustrado na Figura 21, favorecendo situações de insalubridade ambiental.

A continuidade dos alagamentos é um indicativo da inexistência ou inadequação das bocas de lobo e da rede de drenagem, e no caso do ponto de alagamento próximo a Rua Vicente Almeida Gomes, trata-se da área de várzea do curso d'água que não teve a canalização finalizada, e não foram adotadas outras medidas de drenagem na área. Próximo a este local, tem-se uma proposta da comunidade através da ONG Nossa Ramadinha Melhor para construção de uma praça pública, para atender a população próxima que carece de equipamentos públicos de lazer. O projeto também é uma oportunidade para integrar medidas compensatórias de drenagem e aumento da permeabilidade da bacia.

Figura 21: Áreas alagáveis após a construção do Canal da Ramadinha



Tal situação implica em desconfortos à população, com dificuldade no trânsito de pedestres e veículos, e presença de depósitos de lixo nas margens do canal, que colabora com um ambiente propício à proliferação de vetores e mosquitos. Quanto à manutenção do sistema de drenagem, imprescindível para que não haja alagamentos das vias, a população afirma que a limpeza e desobstrução de bueiros ocorre, principalmente, quando já estão entupidas e é feita reclamação à Prefeitura. No caso do canal, o serviço de limpeza não ocorre com frequência.

Outros problemas ambientais que persistem, como a presença de depósito de resíduos domésticos, resíduos de construção e a presença de mosquitos (Figura 22) afetam mais ou menos os moradores, a depender da localização da residência. A presença de esgoto sanitário aparente nas ruas, em alguns casos, devido ao rompimento de tubulações e/ou extravasamento dos poços de visita durante eventos chuvosos (Figura 23) também foi relatada, informação que pode indicar a presença de ligações clandestinas entre a rede de esgotamento e a rede de águas pluviais, em desacordo com a legislação de saneamento.

Figura 22: Depósito informal de resíduos nas ruas da área de estudo



Fonte: Acervo pessoal de moradores (2021)

Figura 23: Extravasamento de poços de visita e alagamentos na rua Luiz Mota 27/02/21



Fonte: Acervo pessoal de moradores (2021)

No geral, os entrevistados mostraram-se parcialmente satisfeitos com os resultados da intervenção, porém a vivência das melhorias decorrentes da intervenção é desigual, com os moradores que residem nas áreas contempladas na primeira etapa do projeto assumindo um papel “privilegiado” do ponto de vista da comunidade, pois já receberam a conclusão das intervenções na infraestrutura de esgotamento sanitário, micro e macrodrenagem, pavimentação das ruas e vias paralelas ao canal, e conseqüentemente, melhorias na salubridade ambiental, mobilidade urbana e valorização do bairro. Por outro lado, os moradores que residem nas ruas transversais à segunda etapa do projeto do canal ainda convivem com as obras de esgotamento sanitário em execução, microdrenagem e pavimentação das vias. Em vista disso, persistem os problemas com alagamentos das ruas em terra, onde o escoamento

pluvial provoca a erosão e sulcos nos solos (Figura 24), com ocorrência inclusive de carreamento dos paralelepípedos e danos ao calçamento na intersecção com vias já finalizadas (Figura 25). Nas conversas com moradores destas áreas, a pavimentação das ruas é a principal demanda e anseio, que sob a perspectiva comunitária é a solução para os problemas com alagamentos e dificuldade de acesso nas ruas.

Figura 24: Erosão do solo da rua Marinaldo Vitorino Filho - 2018



Fonte: ONG Nossa Ramadinha Melhor (2018)

Figura 25: Danos no pavimento das ruas após as chuvas



Fonte: Youtube ONG Nossa Ramadinha Maior (2018)

A limpeza e regularização das vias com aterro tem sido uma medida paliativa executada a pedido dos moradores pela Prefeitura, para melhorar as condições e conforto no trânsito de pedestres e veículos. No entanto, a conclusão da urbanização da bacia, que se posterga desde 2007, é uma reivindicação frequente nas entrevistas, tendo sido inclusive pauta de um abaixo-assinado encaminhado à Prefeitura a partir da ONG Nossa Ramadinha Melhor, que atua fortemente na fiscalização e cobrança do andamento das obras no bairro. Através do acompanhamento de notícias veiculadas nas mídias sociais, foi possível investigar e atualizar a situação ambiental

da comunidade, ilustrada na Figura 26, uma vez que a única visita a campo foi realizada em fevereiro de 2020, antes do início da quarentena no município.

Figura 26: Condições do entorno do Canal da Ramadinha - 29/09/2020



Fonte: Jornal Tribuna Livre (2020)

Em matéria do dia 29/09/2020, o Jornal Tribuna Livre noticiou as reivindicações da população acerca dos problemas ambientais, atraso na conclusão da urbanização e construção do Canal da Ramadinha: “Essa obra do canal que passa pelo bairro foi paralisada e nesse ponto o que podemos observar é muito mato; o esgoto a céu aberto que tem tirado o sossego dos moradores, o pessoal reclama bastante da falta de infraestrutura, e essa obra deveria ter sido finalizada há muito tempo”. Em outra reportagem, do Jornal da Paraíba em junho de 2019, os moradores já haviam demonstrado o impacto da paralisação e abandono das obras do canal, que dificultava o trânsito de veículos na rua Vicente Gomes de Almeida, problema resolvido posteriormente, com a pavimentação da rua em 2020. O poder público municipal, ao ser procurado sobre tais questões e demandas dos populares na ocasião da reportagem, elencou os entraves burocráticos com a construtora responsável pela obra e no processo licitatório como algumas das razões dos atrasos. A comunidade ainda espera a terceira etapa para conclusão do canal e a finalização das obras de urbanização do bairro.

5.6 Análise integrada dos impactos socioambientais da intervenção

A investigação em paralelo da percepção dos moradores sobre as mudanças advindas com a urbanização e obras de drenagem na bacia e da vivência da

comunidade com os eventos hidrológicos possibilitou confrontar os resultados das simulações com os relatos para validação e, assim, obteve-se uma visão realista da mitigação dos problemas com alagamentos e melhoria da salubridade ambiental advindos da intervenção realizada. Os resultados da modelagem mostram-se coerentes com as informações coletadas remotamente com os moradores durante as entrevistas, que serão discutidas posteriormente, onde os entrevistados apontaram não haver extravasamento da estrutura do canal desde sua construção. Estudos realizados por Alves et al. (2021), com a discretização da Bacia da Ramadinha realizada por quadras através do modelo SWMM (*Storm Water Management Model*), identificaram pontos de alagamentos em ruas e áreas afastadas do Canal da Ramadinha, sendo propostas a adoção de técnicas compensatórias de drenagem urbana para mitigação do problema.

Comparando-se os pontos de alagamentos mapeados pelos autores com os relatos de moradores, percebe-se que, embora o canal tenha reduzido as áreas de alagamentos da bacia, ainda permanecem condições insalubres e alagamentos nas ruas que não receberam infraestrutura urbana, tais como as vias paralelas ao trecho de canal executado na segunda etapa do projeto. A análise integrada da intervenção permitiu ampliar a avaliação dos resultados obtidos além da ótica do engenheiro(a), inserindo na pesquisa a sensibilidade da vivência da alteração ou inalteração do cenário urbano no assentamento precário (RAMALHO et al., 2020; PEDROSA, 2014; WANG et al., 2018; PRESTES, 2018). Dessa forma, é possível ter um indicativo do grau de satisfação das principais demandas da população, das falhas técnicas e de gestão do projeto, integrabilidade das soluções de drenagem urbana e urbanísticas adotadas, bem como verificar a possibilidade de implantação de técnicas complementares de drenagem e o uso de medidas não estruturais, que poderiam maximizar as melhorias proporcionadas à comunidade.

Embora o Canal da Ramadinha possua capacidade hidráulica compatível com cheias vivenciadas na bacia, inclusive com dimensões de projeto superestimadas, o atraso na conclusão, principalmente das vias de trânsito paralelas ao canal, acarreta em desconforto na mobilidade urbana e alagamentos durante os eventos chuvosos, além do escoamento rápido das águas provocar a erosão do solo de aterro do canal, que pode ocasionar danos à vida útil da estrutura, como ilustrado na Figura 27.

Figura 27: Erosão do solo nas margens do Canal da Ramadinha



Fonte: ONG Nossa Ramadinha Melhor (2019)

É nítida a relevância de que as avaliações de intervenções urbanísticas, como de drenagem urbana, ultrapassem os critérios técnicos, como o suporte da vazão das estruturas drenantes, pois apesar do canal, como medida estrutural convencional, suportar os cenários extremos, não é um indicativo de que foi adotada a solução que mais atende às necessidades da comunidade, uma vez que o problema não foi mitigado, e sim deslocado. Nesse sentido, é importante frisar que o trecho do Canal de Bodocongó, que recebe as contribuições das águas escoadas no Canal da Ramadinha, é indicado como uma das áreas de alto risco de “inundação com alta energia de escoamento e potencial destrutiva” segundo o levantamento do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2013). Dessa forma, a adoção da canalização como meio de solucionar os problemas de alagamento na Bacia da Ramadinha contribui para aumento desse risco, devido à transposição das vazões e problemas de alagamentos para os moradores a jusante, havendo relatos do ano de 2012 de extravasamento do canal de Bodocongó e invasão de água em residências no Conjunto Severino Cabral que integra parcialmente a área da Bacia da Ramadinha.

Considerando a investigação dos problemas de alagamentos indiretamente relacionados a área de estudo, destaca-se que Tsuyuguchi (2015), ao analisar a capacidade do Canal de Bodocongó, obteve uma lâmina d’água próxima à cota de extravasamento do canal para a chuva de projeto com TR = 25 anos, evidenciando a

necessidade de se integrar medidas de controle de drenagem na fonte para reduzir os picos dos hidrogramas de cheias nas bacias urbanas do município. A combinação das técnicas de modelagem hidrológica com o levantamento das condições vivenciadas pela comunidade e as demandas sociais torna-se, portanto, uma ferramenta útil para avaliar o desempenho da intervenção em drenagem urbana realizada na bacia, possível de subsidiar iniciativas da Defesa Civil, indicar manutenções e ações prioritárias para a Prefeitura.

Essa abordagem integrada permitiu, nesta dissertação, aprofundar-se além da verificação dos fatores técnicos de hidrologia e hidráulica, e constatar como os esforços para urbanização e saneamento do assentamento precário, sobretudo da Ramadinha II, têm se arrastado ao longo da última década, resultando em insatisfação de parte dos moradores, que lidam com a ineficiência na execução da intervenção e a resolução parcial dos problemas ambientais. Dutra (2017) ao avaliar a implementação e satisfação dos usuários do PAC-UAP em Pelotas-RS elencou problemas como a falta de participação comunitária e atrasos na execução de obras, similares aos problemas encontrados na Bacia da Ramadinha, e concluiu que, após as intervenções, os moradores não assumiram o papel principal de preservar o novo espaço urbano. Já Profes (2006) verificou como a percepção ambiental influenciava a sustentabilidade das intervenções em assentamentos precários.

Outra experiência de abordagem interdisciplinar pode ser observada nos estudos realizados por Sadeck et al. (2017), que fizeram uso da percepção social para analisar a vulnerabilidade socioambiental e o perfil socioeconômico dos moradores de uma área com ocorrência de cheias sazonais. Os autores validaram o modelo de análise de risco de alagamento e inundação e identificaram possíveis causas para os problemas de alagamento através da análise integrada das informações, com esforços para compreensão da dinâmica social entre os moradores, o ambiente de risco e as condições hidrológicas adversas.

Através de Balbim et al. (2013), o Ministério das Cidades tem proposto um modelo de avaliação das obras realizadas no PAC-UAP, no entanto, os autores ressaltaram a importância de considerar as variantes da realidade local. Alguns problemas encontrados em estudos acerca das intervenções do PAC se repetem em diferentes cidades (DUTRA, 2017; BIANCHINI, 2016; DENALDI et al., 2016; PRESTES, 2018), como os baixos índices de execução das obras, persistência de problemas ambientais e recorrência do padrão de projeto convencional de drenagem

com promoção do aumento da velocidade de escoamento em direção às áreas a jusante através de canalizações, modelo fortemente empregado na cidade de Campina Grande.

Segundo a equipe técnica entrevistada nesta pesquisa, o projeto de drenagem urbana da Bacia da Ramadinha foi elaborado por uma empresa contratada pela Prefeitura e não houve nenhuma interveniência ou discussão técnica sobre o projeto, metodologia de dimensionamento e concepção do projeto com a equipe técnica da Prefeitura, o que se configura como uma falha institucional grave. Neste caso, um envolvimento mais ativo dos atores municipais e a participação da sociedade civil através das organizações comunitárias e parcerias com universidades do município para auxiliar no diagnóstico do assentamento precário, poderia ter sido decisivo na interdisciplinaridade do projeto e soluções alternativas que fossem além da canalização do curso d'água da Ramadinha como única medida estrutural para mitigação dos problemas de alagamentos no fundo de vale, já que havia a possibilidade de implementar outras medidas não estruturais de baixo custo inicial e técnicas compensatórias de drenagem sustentável articuladas às propostas urbanísticas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de informações de diversas fontes e metodologias como meio de avaliar as intervenções de drenagem urbana na urbanização de assentamentos precários mostrou-se uma ferramenta importante para análise da adequabilidade das soluções técnicas de drenagem pluvial adotadas – neste caso, o Canal da Ramadinha, sob uma perspectiva holística, sem se restringir à capacidade hidráulica de suporte da estrutura como única condicionante para verificar se a intervenção atendeu satisfatoriamente ou não a comunidade beneficiária.

De acordo com os resultados da modelagem hidrológica e hidráulica, o Canal da Ramadinha possui capacidade hidráulica para suportar as vazões das cheias extremas com TR = 10, 25 e 100 anos simuladas na pesquisa, informação coerente com as entrevistas realizadas, onde alguns moradores indicaram a altura máxima da lâmina d'água máxima no canal que já presenciaram, e com a verificação através da equação de Manning feita inicialmente, sendo plausível admitir com base no redimensionamento da estrutura pelo Método Racional, que as dimensões do canal foram superestimadas. Contudo, a ausência de extravasamento do canal não pode ser adotada como único indicativo para avaliação satisfatória da intervenção.

Neste ponto, dentre os fatores que influenciaram a avaliação da intervenção têm-se o atraso na finalização das obras e a coexistência de diferentes realidades entre os beneficiados, com os moradores que residem próximo ao trecho de canal executado entre 2007-2012 sendo privilegiados quanto às condições de salubridade, mobilidade e conexão com o ambiente urbano, se comparados aos moradores das áreas mais carentes e favelizadas da bacia, que convivem com os resquícios do canteiro de obras da intervenção em andamento.

Segundo os relatos, nas áreas não finalizadas da intervenção, embora tenha havido redução na ocorrência de alagamentos advinda da construção do canal, o atraso nas obras de implantação de microdrenagem e pavimentação das ruas adjacentes e vias paralelas ao canal contribui para a permanência do cenário insalubre no dia a dia dos moradores. No caso específico das vias paralelas ao canal, o abandono e a falta de manutenção são ainda mais preocupantes, pois a erosão do solo nas laterais do canal pode impactar a vida útil da estrutura, custos com manutenção e riscos ambientais aos transeuntes.

A urbanização do entorno e pavimentação das vias do canal e demais ruas são

necessárias para erradicar as áreas alagadas e enlameadas no período chuvoso, que dificultam a mobilidade dos pedestres e de veículos, bem como os problemas de invasão de água de chuva nas residências, sendo imprescindível para garantir que os esforços para urbanizar e melhorar as condições de vida se concretizem para esta parcela da população que deveria ter sido beneficiada. Nas reportagens, relatos de líderes comunitários e fotos enviadas por moradores, constata-se que houve avanços nas obras de esgotamento sanitário, microdrenagem e pavimentação de ruas desde 2019, embora tenham ocorrido algumas paralisações no período.

Em 2020, ano de eleição municipal, perceberam-se mais esforços dos representantes municipais na continuidade dos serviços, em especial o de pavimentação, tendo sido empregados inclusive recursos do Governo Estadual para subsidiar o calçamento de algumas das vias, como a Marinaldo Vitorino Filho e a Rubens Dutra Segundo. Vale salientar que o Canal da Ramadinha ainda não está finalizado e, segundo a prefeitura, está em processo de licitação para continuidade do projeto neste ano de 2021. A atuação das lideranças comunitárias na fiscalização e cobrança do poder municipal quanto às obras de infraestrutura urbana mostrou-se importante nesse processo, e é possível perceber nas demandas recentes dos moradores, por uma praça pública e academia de idosos, uma tentativa de incluir a participação comunitária nas soluções urbanísticas da intervenção.

O projeto na Bacia da Ramadinha empregou, ainda que parcimoniosamente, meios para aumento da infiltração do solo, como a preservação de faixas de gramas nas laterais do canal no trecho executado entre 2007-2012, porém uma mudança de postura e paradigmas poderia revelar oportunidades de integração das funções de drenagem e lazer através de equipamentos públicos, como praças e academias, que não faziam parte do escopo da intervenção de urbanização, mas poderiam ter sido integradas, através da adoção de técnicas compensatórias de drenagem sustentável, como trincheiras de infiltração e bacias de retenção, articuladas a propostas urbanísticas para ampliação de espaços livres públicos.

Outro fator perceptível na análise é o papel crucial do estímulo à conscientização ambiental através da educação ambiental, tal como realizado pela equipe de trabalho social, num esforço coletivo de reduzir o despejo de lixo em terrenos baldios, nas margens do canal e dentro do curso d'água, prática comum de acordo com os relatos, e que pode contribuir para o assoreamento do canal, poluição das águas e piora das condições de salubridade ambiental. Uma das maneiras

encontradas pela ONG Nossa Ramadinha Melhor foram ações de arborização de áreas utilizadas para depósito de lixo através de parcerias com escolas da rede pública, obtendo resultados positivos. No entanto, tais iniciativas comunitárias não substituem a necessidade de uma agenda municipal com ações integradas voltadas para Educação Ambiental na comunidade.

De maneira geral, as mudanças na qualidade de vida e melhorias no ambiente urbanos proporcionados pela intervenção são perceptíveis, embora tenham ocorrido de forma desigual, sendo necessário chamar a atenção do poder público e continuar as cobranças para finalização das obras. Por fim, salienta-se que, devido às limitações do período de pandemia do COVID-19 e impossibilidade de realização de visitas de campo, as entrevistas precisaram ser adequadas a esta realidade, de modo que a busca por reportagens jornalísticas, fotos e vídeos compartilhadas nas mídias sociais por moradores e associações da comunidade contribuíram com o enriquecimento da pesquisa.

Embora tenham sido encontradas dificuldades para contatar os moradores, notou-se que a abordagem remota através das chamadas telefônicas, por não ser frente a frente com o entrevistador, tornou o ambiente mais livre e os entrevistados se sentiram mais à vontade, se envolvendo na pesquisa e se mostrando dispostos a contribuir através de fotos, vídeos e informações adicionais. Ademais, a escassez e/ou incompletude dos dados hidráulicos disponíveis e a falta de dados medidos para calibração do modelo tornou a modelagem hidráulica um desafio, e as adoções necessárias, apesar de inferir incertezas ao modelo, mostraram-se como uma alternativa viável para representação do canal.

Constatou-se nesta pesquisa a importância da abordagem integrada, que considere a percepção social dos moradores, para uma visão holística das intervenções de drenagem urbana. A participação e “*feedback*” dos beneficiários, assumem um papel crucial para que sejam entregues os melhores resultados possíveis à comunidade, que não se restrinjam às soluções estruturais idealizadas isoladamente. Esse papel fica claro ao observar-se demandas atuais por equipamentos públicos de lazer próximos às áreas que permanecem com carência de infraestrutura urbana e insatisfações devidas à lentidão no progresso das obras de urbanização, que se arrastou ao longo dos anos, com segmentação das melhorias de condições de vida proporcionadas à comunidade.

Dessa maneira, para continuidade da análise da intervenção na Bacia da

Ramadinha é preciso que novas iniciativas possam ampliar o mapeamento participativo em campo com base nos dados já coletados, e o levantamento topográfico e batimétrico do canal, considerando que nas áreas adjacentes ao canal houve trabalhos extensivos de terraplanagem e modificação do terreno. Ademais, sugere-se que novos estudos busquem analisar comparativamente o desempenho e os avanços ambientais e urbanísticos em outras áreas que receberam intervenções do PAC-UAP no município.

As pesquisas de extensão permitem alcançar as realidades vivenciadas nestes assentamentos precários, de modo que as universidades e os pesquisadores acadêmicos assumem um papel importante no fornecimento de dados atualizados e relevantes para o poder público, sendo subsídio para avaliação dos projetos executados pelo município e a satisfação da comunidade beneficiada, identificando áreas prioritárias para ações, e pontos que podem ser melhorados em intervenções de urbanização posteriores.

REFERÊNCIAS

- ABRAMO, P. La ciudad com-fusa: mercado y producción de la estructura urbana en las grandes metrópolis latino-americanas. **Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales**, v.381(134), pp. 35-69, 2012.
- ABDELKARIM, A.; GABER, A.; ALKADI, I.; ALOGAYELL, H. Integrating remote sensing and hydrologic modeling to assess the impact of land-use changes on the increase of flood risk: A case study of the Riyadh–Dammam train track, Saudi Arabia. **Sustainability** v. 11, pp.1-35, 2019.
- ALVES, L. G. F.; SANTOS, B. L. F.; VEIGA, M. E. B.; GALVÃO, C. O.; MACHADO, E., C. M. Impacto da urbanização no escoamento superficial em bacia ocupada por assentamentos precários em Campina Grande. **Anais do XIII ENAU 2020 e III Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos**, Porto Alegre, 2020.
- ALVES, L. G. F.; GALVÃO, C. O.; SANTOS, B. L. F.; OLIVEIRA, E.F.; MORAES, D.A. Modelling and assessment of sustainable urban drainage systems in dense precarious settlements subject to flash floods In: **SimHydro 2021: Models for complex and global water issues - Practices and expectations**, 2021 (submetido).
- ADELEKAN, I. O. Vulnerability of poor urban coastal communities to flooding in Lagos, Nigeria. **Environment and Urbanization**, v.22(2), pp.433-450, 2010.
- ADELEKAN, I. O.; ASIYANBI, A. P. Flood risk perception in flood-affected communities in Lagos, Nigeria. **Natural Hazards**, v.80(1), pp.445-469, 2016.
- ALVES, P. B. R. **Simulações de medidas compensatórias sustentáveis de drenagem: propostas em duas microbacias urbanas**. Dissertação de Mestrado – (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.
- AKINBOADE, O.A.; KINFACK, E.C.; MOKWENA, M.P. An analysis of citizen satisfaction with public service delivery in the Sedibeng district municipality of South Africa. **International Journal of Social Economics**, v.39(3), pp. 182-199, 2012.
- ARAGÃO, R.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S.; GOIS, R. S. S. Chuvas Intensas no Estado da Paraíba. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal. **Anais.. Natal: ABRH**, 2000. p.74-85.
- BADRI, M.; AL KHAILI, M.; AL MANSOORI, R. L. Quality of service, expectation,

satisfaction and trust in public institutions: the Abu Dhabi citizen satisfaction survey. **Asian Journal of Political Science**, v.23(3), pp. 420-447, 2015.

BALBIM, R.; KRAUSE, C.; BECKER, M. F.; LIMA NETO, V. C. CASSIOLATO, M. M.; ANDRADE, C. C. **Metodologia de Avaliação de Resultados: O Caso das Intervenções do PAC Urbanização de Favelas**. Brasília: Ipea, 2013. (Texto para Discussão, n. 1.903).

BAPTISTA, M.B; NASCIMENTO, N.O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7(1), pp. 29-49, 2002.

BEVEN, K. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer, Second Edition, 2012.

BIANCHINI, G. M. **Diagnóstico de drenagem superficial em áreas urbanizadas de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, 2016.

BORGES, J; JANKOWSKI, P.; DAVIS JUNIOR, C. A Study On The Use Of Crowdsourced Information For Urban Decision-Making. **Revista Brasileira de Cartografia**. v68(4), p. 695-703, 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Guia para o mapeamento e caracterização de assentamentos precários. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. Disponível em <http://www.sst.sc.gov.br/arquivos/id_submenu/230/mapeamento_ass_precarios.pdf>.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico no Brasil e altera a Lei nº 9.984/2017**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>.

BRASIL. Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>

BRASIL. Decreto nº 8.141 e Portaria nº 171, de 09 de abril de 2014, de 5 de dezembro de 2013. **Institui o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D8141.htm.

BRUECKNER, J.; MATION, L.; NADALIN, V. Slums in Brazil: Where are they located, who lives in them, and do they 'squeeze' the formal housing market? **Journal of**

Housing Economics, v.44, pp. 48-60, 2019.

CAMPINA GRANDE. Lei complementar Nº 003, de 09 de outubro de 2006. Revisão do Plano Diretor do Município de Campina Grande, Prefeitura Municipal de Campina Grande, 2006.

CARDOSO, A.L. Assentamentos precários no Brasil: discutindo conceitos. In: MORAIS, M.P. et al. (Ed.). **Caracterização e tipologia de assentamentos precários: estudos de caso brasileiros**. Brasília: Ipea, pp.29-52, 2016.

CASTIGLIONI, A. H. Transição urbana e demográfica no Brasil: características, percursos e tendências, **Ateliê Geográfico**, v.14 (1), p. 06-26., 2020.

CITIES ALLIANCE. About slum upgrading [online], 2014. Disponível em: <https://www.citiesalliance.org/aboutslumupgrading#Why_is_slum_upgrading_important> Acesso em: 15/02/2020.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Guia Prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo, 1ed, 116p, 2005.

DENALDI, R.; MORETTI, R.; PAIVA, C.; NOGUEIRA, F.; PETRAROLLI, J. Urbanização de favelas na Região do ABC no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento-Urbanização de Assentamentos Precários (PAC-UAP). **Cadernos Metrópole (PUCSP)**, v.18, 2016.

DI BALDASSARRE, G.; MONTANARI, A.; LINS, H.; KOUTSOYIANNIS, D.; BRANDIMARTE, L.; BLÖSCHL, G. Flood fatalities in Africa: from diagnosis to mitigation. **Geophysical Research Letters**, v. 37(22), 2010.

DUTRA, J. J. C. **Construindo a cidade e a cidadania: avaliação da implementação e da satisfação do usuário do PAC Urbanização de Assentamentos Precários no loteamento Anglo, Pelotas-RS**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

FAZELI, H. R.; Mohamad Nor SAID, M. N.; AMERUDIN, S.; RAHMAN, M. Z. A. A study of Volunteered Geographic Information (VGI) assessment methods for flood hazard Mapping: a review. **Jurnal Teknologi (Sciences e Engineering)**, v.75(10), pp.127 – 134, 2015.

GAITAN, S.; VELDHUIS, M. C. T.; GIESEN, N. V. Spatial distribution of flood incidents

along urban overland flow-paths. **Water Resources Management**. v.29, pp. 3387 – 3399, 2015.

GARRIDO NETO, P. S.; VÉROL, A. P.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Sistemas de drenagem urbana sustentáveis no mundo e no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.5, p.18743-18759, 2019.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15(1), Rio de Janeiro, 2010.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Boletim de Geografia**, v.30(1), 2012.

GOMES, E. F. **Perdas de vazão e seus efeitos na opera o do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande – PB**. Disserta o de Mestrado. (Programa de Pós-Gradua o em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 25/11/2019.

_____. **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf>> acesso em: 23/05/2021.

_____. **Aglomerados Subnormais**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=acesso-ao-produto>> Acesso em: 21/03/2021.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECON MICA APLICADA. **Relatório brasileiro para Habitat III**. Relator: Instituto de Pesquisa Econ mica Aplicada – Brasília. ConCidades, 2016, 139f. Disponível em: <www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27266>. Acesso em: 01/02/2021.

JACOBSEN, M.; WEBSTER, M.; VAIRAVAMOORTHY, K. **The Future of Water in African Cities: Why waste water?** Washington, DC: World Bank, 2012.

- JENKINS, P.; ABIKO, A.; FREDIANI, A. A. et al. Urban upgrading interventions and engaging residents in fuzzy management: Case studies from Novos Alagados, Salvador, Brazil. **Habitat International**, v.34, pp. 105–114, 2010.
- JIANG, Y.; ZEVENBERGEN, C.; MA, Y. Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. **Environmental Science & Policy**, v.80, pp.132-143, 2018.
- JIUSTO, S.; KENNEY, M. Hard rain gonna fall: strategies for sustainable urban drainage in informal settlements, **Urban Water Journal**, v.13(3), pp 253–269, 2016.
- KADAVERUGU, A.; RAO, C. N.; VISWANADH, G. K. Quantification of food mitigation services by urban green spaces using InVEST model: a case study of Hyderabad city, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, pp. 589 – 602, 2021.
- LENGLER, C. **Instrumentos tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: estudo de caso de taxa, contribuição de melhoria e benefício fiscal em Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura. Porto Alegre, 2012.
- LIMA, J. J. F., LEÃO, M. B. M. S.; LIMA, A. P. Limitações na gestão do PAC urbanização: o caso do Projeto PAC Taboquinha, Belém do Pará. **Anais do XVII Enapur**, São Paulo, 2017.
- LIMA, A. S. C.; SCALIZE, P. S.; ARRUDA, P. N.; BAUMANN, L. R. F. Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 22(3), p. 415-428, 2017.
- MAKSIMOVIC, C. General Overview of Urban Drainage Principles and Practice. **Urban Drainage in Specific Climates (IHP-V-Technical Documents in Hydrology)**, p. 9- 31, 2001.
- MARICATO, E. O impasse da política urbana no Brasil. Petrópolis, RJ, Vozes, 2011.
- MARTINS, C. M. T.; MENDES, M. G. T.; ABREU, J. M.; ALMEIDA, J. P. L.; LIMA, J. P.; LIMA, I. P. **Hidrologia urbana: Conceitos básicos**. Edição: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Universidade de Coimbra, Portugal, 2010, 210f.
- MARK, O.; WEESAKUL, S.; APIRUMANEKUL, C.; BOONYAAROONNET, S.; DJORDJEVIC, S. Potential and limitations of 1D modelling of urban flooding. **Journal of Hydrology**. v. 299, pp 284-299, 2004.

- MELO, L. G. **Habitação popular em Campina Grande**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campina Grande, 1985.
- MELO FILHO, H., FEITOSA, P. H. C., ROCHA, M. S. Análise dimensional do sistema de macrodrenagem de águas pluviais urbanas de Campina Grande-PB – Estudo de Caso, canal das Piabas. **Anais do X ENAU – Encontro Nacional de Águas Urbanas**, São Paulo-SP, 2014.
- MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. Impacto da impermeabilização na hidrologia de uma bacia urbana **Anais do XIII ENAU 2020 e III Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos**, Porto Alegre-RS, 2020.
- MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1 ed. Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2016, 366f.
- MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; FILHO, A. C. P. Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, v. 37(2), pp. 16-22, 2014.
- MONTEIRO, F. A. Análise das condições de moradia e do meio ambiente em assentamentos precários da região metropolitana de Curitiba a partir do PAC habitação. **Rev. Tamoios**, pp. 73-99, 2019.
- MORAES, D.; MIRANDA, L.; CARVALHO, M.; ALMEIDA, A.; LACERDA, J. **Condicionantes institucionais e normativas para a implementação de políticas de urbanização de favelas – Avaliação do ciclo recente em Campina Grande / PB**. Direito à Cidade e Habitação: Relatório Final. Observatório das Metrôpoles, Campina Grande, 2021.
- MOSER, C; SATTERTHWAITTE, D. Towards pro-poor adaptation to climate change in the urban centres of low- and middle-income countries. **Human Settlements discussion paper**, International Institute for Environment and Development, London, 2008.
- NKWUNONWO, U. C.; WHITWORTH, M.; BAILY, B. A review and critical analysis of the efforts towards urban flood risk management in the Lagos region of Nigeria. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.16(2), pp. 349-369, 2016.
- NOGUEIRA, F. R.; PAIVA, C. F. E. Uma contribuição ao tratamento de riscos em

- urbanização de assentamentos precários. **Revista Oculum**, v.15, pp 437-454, 2018.
- OLIVEIRA, E. F. **Panorama do PAC UAP em Campina Grande – PB**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal de Campina Grande, 2019.
- OLIVEIRA, G. A. **Desastres Hidrológicos e Informações Geográficas Voluntárias: concepção de sistema colaborativo para o mapeamento de áreas de riscos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2017.
- O'DONNELL, E. C.; THORNE, C. R. Drivers of future urban food risk. **Phil Trans R Soc**, **2020**. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsta.2019.0216>>. Acesso em: 20/02/2021
- ONG Nossa Ramadinha Melhor. **Luta por saneamento básico – Pavimentação**, 2018 (2 min) Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=SaE4KOUOruY>>. Acesso em 26/02/2021.
- ONG Nossa Ramadinha Melhor. **A luta por pavimentação e a conclusão do canal da Ramadinha**, 2019 (2min28s). Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=bGAI3nrXI&list=WL&index=15>> Acesso em: 20/02/2021.
- ONG Nossa Ramadinha Melhor. **Reportagem Jornal da Paraíba sobre o Canal da Ramadinha**, 2019 (3min31s). Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=aGTXATfp1gk&list=WL&index=18&t=4s>> Acesso em: 20/02/2021.
- QUEIROZ FILHO, A. P. As definições de assentamentos precários e favelas e suas implicações nos dados populacionais: abordagem da análise de conteúdo. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.7 (3), pp. 340-353, 2015.
- PATEL, A.; CROOKS, A.; KOIZUMI, N. Simulation: an agent-based modeling approach to slum formations. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v.15(4), pp. 1-21, 2012.
- PEDROSA, R. N. **Avaliação pós-ocupação sob o aspecto do saneamento ambiental em área de interesse social urbanizada no município de Campina Grande**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

POSER, K; DRANSCH, D. Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation. **Geomatica**, v.64(1), pp.89-98, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE-PB. Regulamentação Urbanística das Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS. Prefeitura Municipal de Campina Grande, Secretaria de Planejamento. 2009.

_____. Lei complementar N° 003, de 09 de outubro de 2006. Promove a revisão do Plano Diretor do Município de Campina Grande, 2006.

_____. Lei n.º 5.410/13, de 23 de dezembro de 2013: Código de Obras – dispõe sobre o disciplinamento geral e específico dos projetos e execuções de obras e instalações de natureza técnica, estrutural e funcional do município de Campina Grande, alterando a Lei de n.º 4.130/03, e dá outras providências. Campina Grande.

PRESTES, M. F. **Requalificação ambiental em assentamentos precários: O PAC Favelas na Franja Leste da Metrópole de Curitiba**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São Paulo, 2018.

RAMALHO, P. B.; RUFINO, I. A. A.; DJORDJÉVIC, S.; JAVADI, A.; COSTA, A. K. S. Abordagem socioambiental para a calibração de modelos de alagamentos. **Anais** do XIII ENAU 2020 e III Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, Porto Alegre-RS, 2020.

RIBEIRO, M.F.; COSTA, V.C.; MAGALHÃES NETO, N. DE & FREITAS, M.A.V. An analysis of monthly rainfall and its relationship to the occurrence of mass movement and flooding in Pedra Branca Massif in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Geographical Research**, v.51 (4), 2013.

RODRIGUES, M. D.; PEREIRA, M. J. A. Percepção social no programa de restauração de cursos d'águas urbanas em Belo Horizonte. **Sociedade & Natureza**, v. 23(1), pp. 51-63, 2011.

SANTINI JUNIOR, M. A.; NASCIMENTO, J. O.; FELIZARDO, L. M.; ZAMBRANO, K. T. Modelagem hidráulica do escoamento superficial com a utilização do SIG: o exemplo de Ilha Solteira-SP. In **Anais** do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis-SC, 2017.

SANTOS, E. C. **Avaliação dos níveis de salubridade em edificações**

multifamiliares de interesse social na cidade de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

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

SADECK, C. C. A.; SANTOS, F. A. A. A percepção social e a gestão do risco natural de cheias em áreas urbanizadas em Belém-PA. **Revista de Geografia**, v. 34(1), 2017.

SAUERESSIG, S. R. **Zoneamento das áreas de risco a inundação da área urbana de Itaqui – RS.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2012.

SCHÄFER, E. F.; GOMIDE, F. P. B. Avaliação Pós-Ocupação do conjunto habitacional Moradias União Ferroviária Bolsão Audi/União, Curitiba (PR). **Eng Sanit Ambiental**, v.19, pp. 155-164, 2014.

SEGARAN, T. **Programando a inteligência coletiva: desenvolvendo aplicativos inteligentes web 2.0.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2008.

SHINMA, T. A. **Calibração multiobjetivo do SWMM aplicada a transformação chuva-vazão.** Dissertação de mestrado, USP, São Paulo, 2011.

SILVA, F. L. **Prioridade política e capacidade burocrática: A implementação do PAC-Urbanização de Assentamentos Precários.** Tese de Doutorado. Escola de Administração de Empresas de São Paulo – Fundação Getúlio Vargas – EAESP. São Paulo, 2019.

SILVA, S. P. **Ferramentas de apoio ao manejo de águas pluviais urbanas com base em indicadores de sustentabilidade – SAMSAP.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SILVA, B. T. P. **Definição de parâmetros técnicos para avaliação preliminar de desempenho de obras de saneamento básico no ministério das cidades.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília, 2018.

SILVA, I. E. E. **A produção capitalista do espaço urbano e a política habitacional**

- em Campina Grande- PB: O complexo AluÍzio Campos.** Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, João Pessoa, 2020.
- SOUZA, V. C. B.; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Deficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais – GESTA**, v. 1(2), p. 162-175, 2013.
- SOARES, S. R., & MORAES, S. T. Mismatches in the urbanization process of informal settlements in Morro da Cruz – Florianópolis, SC. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.11, 2019.
- SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS). Urban Hydrology for small watershed. Technical Release No 55. Conservation Service, U.S.D.A., Washington, D. C., 1986.
- SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba-PR, Paraná**, 2002, 150f.
- TOLENTINO, F. M.; SILVA, C. R.; SANTIL, F. L. P. Avaliação da acurácia posicional de redes de drenagem obtidas a partir de modelos SRTM e ASTER com o uso dos softwares ARCGIS e QGIS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69 (7), 2017.
- TRAVASSOS, I. **Revelando rios: novos paradigmas para intervenção em fundos de vale urbanos na cidade de São Paulo.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010, 243 f.
- TRAVASSOS, I.; PENTEADO, C. L. C.; FORTUNATO, I. Urbanização desigual: rios, mídia e modernização ecológica. **Espacio Abiert**, v. 26(2), pp- 61-81, 2017.
- TSUYUGUCHI, B. B. **Macro drenagem e ocupação do solo no município de campina grande: caracterização, simulação e análises sistêmicas.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia – Ciência e aplicação.** ed. UFRGS. Coleção ABRH de recursos hídricos. Porto Alegre, 1993,943f.
- TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: BERTONI, J. C. (Org.) **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003, pp. 45-150.
- TUCCI, C. E. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Ministério das Cidades. Global

Water Partnership. World Bank, Unesco, 2005.

TV ARAPUAN. **Tribuna Livre – Denúncia: Falta de infraestrutura na Ramadinha, em Campina Grande**, 2017 (7min44s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=YWFC5DX-4wE&list=WL&index=19>> Acesso em: 25/02/2021.

UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Hydrologic Modelling System – user’s manual**. Institute of Water Resources, Hydrologic Engineering Center. Davis, CA, 2008, 278f.

UN-HABITAT. **Brazil**. 2018. Disponível em: < <https://unhabitat.org/brazil>>. Acesso em: 01/02/2021.

WANG, Y.; CHEN, A. S.; FU, G.; DJORDJEVIĆ, S.; ZHANG, C.; SAVIĆ, D. A. An integrated framework for high-resolution urban flood modelling considering multiple information sources and urban features. **Environmental Modelling & Software**, v. 107, pp. 85 – 95, 2018.

WILLIAMS, D. S.; COSTA, M. M.; SUTHERLAND C.; CELLIERS, L.; SCHEFFRAN, J. Vulnerability of informal settlements in the context of rapid urbanization and climate change. **Environment & Urbanization**, v.31(1), pp 157-176, 2019.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo: CETESB, 477f, 1978.

WORLD BANK, 2020. **Urban Development**. Disponível em: <www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#1>. Acesso em: 05/02/2021.

WEBBER, J.L., GIBSON, M.J., CHEN, A.S., SAVIC, D., FU, G.; BUTLER, D. Rapid assessment of surface-water flood-management options in urban catchments. **Urban Water Journal** v.15 (3), pp 210 – 217, 2018.

ANEXO I

QUESTIONÁRIO (MORADORES)

(Aplicação via chamada de voz/vídeo)

Idade:

Sexo:	() Feminino () Masculino
Rua:	
Ponto crítico de drenagem próximo:	
Reside no endereço desde:	

Grau de satisfação e urbanização

1-Péssimo 2-Ruim 3-Regular 4-Bom 5-Excelente

Serviços urbanos	1	2	3	4	5	Ø
Abastecimento de água						
Esgotamento sanitário						
Coleta de resíduos sólidos						
Iluminação pública						
Vias de circulação de pedestres						
Abrangência do transporte público						
Limpeza urbana						
Áreas verdes/áreas de lazer						
Drenagem pluvial						

1) Existiam no bairro áreas críticas de alagamento antes das obras realizadas pelo PAC? Se sim, indique a rua e/ou pontos de referência.

2) Indique (se existir) pontos críticos de alagamento que permanecem mesmo após a construção do Canal da Ramadinha. Indique os locais e ponto de referências.

3) Em relação as melhorias na comunidade com a construção do Canal da Ramadinha, você diria que está

() muito insatisfeito () insatisfeito () indiferente () satisfeito () muito satisfeito.

4) Qual a frequência de alagamento nas ruas próximas a sua residência atualmente?

() não ocorre () ocorre as vezes () ocorre sempre que chove

5) Com a ocorrência de chuva, há segurança e conforto para o trânsito de pedestres e veículos nas vias da comunidade?

() sim () não () somente p/ chuvas torrenciais

6) Indique os últimos eventos chuvosos (mês ou período do ano que tenham ocorrido) que tenham gerado problemas de inundação e alagamento nas áreas próximas à sua residência. Quais foram as ruas e/ou pontos mais impactados? Indique pontos de referência para identificação do local.

7) Em uma escala de 0 a 10, como você avaliaria as melhorias no problema de esgoto sanitário nas ruas e no curso d'água (canal) após as obras do PAC?

8) Quais destas ações de manutenção do sistema de drenagem são praticadas no bairro?

- Limpeza e desobstrução de bueiros
- Varrição e limpeza de vias
- Limpeza e desobstrução de canais de drenagem
- Não há manutenção na região

9) A sua rua ou áreas próximas apresentam algum destes problemas ambientais?

- Esgoto sanitário nas ruas
- Depósito de lixo doméstico
- Mal cheiro devido à proximidade com o canal

- Mosquitos
- Nenhum
- Outro:

10) Você tem acesso à escolas e/ou creches públicas, hospital público e/ou PSF e áreas de lazer próximo à sua residência? Se sim, você diria que está
() muito insatisfeito () insatisfeito () indiferente () satisfeito () muito satisfeito.

11) Em relação ao reassentamento, você continuou indo aos mesmos locais de lazer, trabalho, saúde, educação, comércio?

LÍDER COMUNITÁRIO

- 1 Na opinião geral da comunidade, quais os maiores impactos das obras de infraestrutura urbana e construção do Canal da Ramadinha no cotidiano local?
- 2 A comunidade tinha problemas com alagamentos em períodos chuvosos? Se sim, tais problemas foram resolvidos após a construção do canal?
- 3 Considerando que o propósito da urbanização é melhorar a qualidade de vida através do acesso aos serviços urbanos públicos e integração com a cidade, você diria que a comunidade está
() muito insatisfeita () insatisfeita () indiferente () satisfeita () muito satisfeita.
- 4 Em uma escala de 0 a 10, como avaliaria a melhoria a problemática de ligações e despejo de esgotamento sanitário no curso d'água canalizado após as obras de drenagem?
- 5 Com a necessidade de remoção e reassentamento de algumas famílias, houve relatos de moradores que tenham ficados desamparados nesse processo?
- 6 Houve impasses entre os líderes comunitários e/ou moradores e atores envolvidos na construção (Construtora/Gestores Municipais)?

- 7 Houve incentivo a participação da comunidade e consideração das demandas da população durante a execução das obras?
- 8 Quais eram os meios de comunicação entre a comunidade e a gestão municipal?
- 9 Em relação as obras e ações sociais executadas, na sua opinião existem algo que poderia ser melhorado ou modificado.

ANEXO II

ROTEIRO DE ENTREVISTA – EQUIPE TÉCNICA

Nome:	Profissão:
Papel de atuação na intervenção do PAC-UAP – Região Bodocongó:	
Período de atuação/contato	

PERGUNTAS GERAIS – GESTORES MUNICIPAIS

- De acordo com sua experiência, quais os maiores impasses e entraves na execução de projetos e obras públicas de urbanização em assentamentos precários?
- Na sua perspectiva, quais foram os principais desafios na elaboração e execução do projeto de urbanização na região Bodocongó?
- Quais instrumentos legais foram consultados para adequação do projeto de drenagem urbana do Canal da Ramadinha as diretrizes propostas na Legislação Municipal/Federal?
- Considerando as metas pretendidas, como avaliaria os resultados obtidos com o projeto de urbanização na região Bodocongó?

FISCAL DE OBRAS

- Qual a periodicidade das fiscalizações de campo durante a execução das obras de drenagem na região Bodocongó?
- Quais eram as principais causas de atrasos na execução do projeto?
- Como era feita a documentação da fiscalização (fotos, relatórios, diário de obra)?
- No caso de observância de divergências entre o projetado x executado, quais eram os procedimentos adotados?
- Quanto as alterações no projeto e divergências entre o projetado x executado, você diria que ocorreu com:
 esporadicamente frequência media alta frequência não se aplica
 Nestes casos, sob quais justificativas foram executados?

- Houve itens previstos no projeto, mas que não foram executados? Se sim, por quais motivos?
- Houve conflitos entre as partes envolvidas no projeto (Construtora contratada/Secretaria de Obras/Coordenação de Habitação/Secretária de Planejamento de Obras/Caixa)? Se sim, quais as principais causas?

REPRESENTANTE COORDENADORIA DE HABITAÇÃO

- 1) Quais foram os critérios utilizados para definição de quais famílias seriam removidas e reassentadas? Quantas famílias foram reassentadas na área do Canal da Ramadinha?
- 2) Quais foram os critérios adotados para escolha do local para onde as famílias foram reassentadas?
- 3) Houve conflitos com os moradores devido à necessidade de remoção das casas e mudança para nova habitação?
- 3) Foram disponibilizados recursos e meios para readequação de habitações que não foram removidas, mas apresentaram condições precárias?
- 5) Foram desenvolvidas estratégias para evitar a ocupação e/ou reocupação das áreas próximas ao canal?

REPRESENTANTE – PROJETO DE TRABALHO TÉCNICO SOCIAL

- 1 Quais foram as principais ações sociais realizadas na intervenção da Região Bodocongó?
- 2 Houve ações planejadas no Projeto de Trabalho Técnico e Social (PTTS) e que não foram executadas?
- 3 Quais foram os principais resultados obtidos através do trabalho social na comunidade? Foi possível observar melhorias decorrentes das ações voltadas para Educação Ambiental e conscientização da comunidade? Se sim, quais?
- 4 Quais as principais dificuldades na execução do trabalho técnico social?
- 5 Houve situações em que ocorreu choque no relacionamento entre a equipe de engenharia executora e a equipe de Trabalho social?

REPRESENTANTE SECRETARIA DE OBRAS

- 10 Na sua opinião, qual o nível de adequabilidade da rede de drenagem urbana

projetada na intervenção do Canal da Ramadinha considerando eventos chuvosos extremos?

- 11 Houve itens previstos no projeto, mas que não foram executados? Se sim, por quais motivos? Em contrapartida, houve itens não previstos, mas que foram executados no projeto? Sob qual justificativa?
- 12 Quais as iniciativas propostas e as implantadas para manutenção e controle das obras de drenagem urbana pós construção?
- 13 Como você avaliaria a gestão integrada e comunicação entre aos atores/órgãos envolvidos na ELABORAÇÃO, EXECUÇÃO E FISCALIZAÇÃO do projeto? Quais eram os meios de articulações entre as partes e os principais conflitos encontrados?
- 14 Como se deu o incentivo a participação social e consideração das demandas da população no âmbito do projeto?

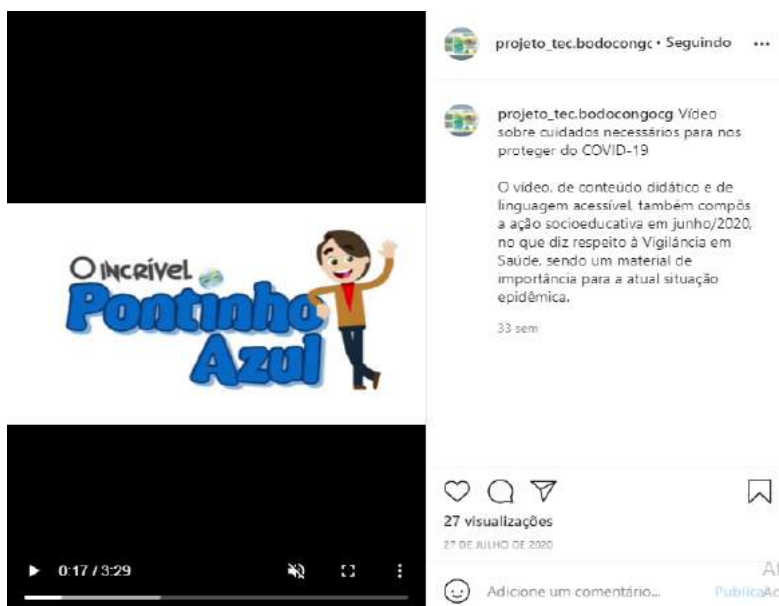
REPRESENTANTE SECRETÁRIA DE PLANEJAMENTO

- 1 Quais foram as diretrizes e critérios selecionados na elaboração do escopo do projeto de drenagem urbana na área do Canal da Ramadinha?
- 2 Foi realizado um diagnóstico primário do assentamento precário na fase de elaboração do projeto?
- 3 Houve diferença na metodologia de elaboração dos projetos entre as intervenções realizadas pelo PAC-UAP em Campina Grande (Região Bodocongó, Região Sudoeste, Linha Férrea Araxá, Bairro Novo Horizonte)?
- 4 Em algum momento foi considerada a adoção de técnicas compensatórias de drenagem como solução técnica?
- 5 Como você avaliaria a gestão integrada e comunicação entre aos atores/órgãos envolvidos na ELABORAÇÃO, EXECUÇÃO E FISCALIZAÇÃO do projeto? Quais eram os meios de articulações entre as partes e os principais conflitos encontrados?
- 6 Como se deu o incentivo a participação social e consideração das demandas da população no âmbito do projeto?

ANEXO III

MATERIAIS DAS AÇÕES SOCIAIS DO PTTTS DISPONIBILIZADOS NA REDE
SOCIAL INSTAGRAM: @projeto_tec.bodocongo

- Vídeos:



projeto_tec.bodocongo • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongo • Vídeo sobre cuidados necessários para nos proteger do COVID-19

O vídeo, de conteúdo didático e de linguagem acessível, também compôs a ação socioeducativa em junho/2020, no que diz respeito à Vigilância em Saúde, sendo um material de importância para a atual situação epidêmica.

33 sem

27 visualizações

27 DE JULHO DE 2020

Adicione um comentário... PublicaAc...



projeto_tec.bodocongo • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongo • PTSA

Apresentação do Projeto de Trabalho Socioambiental da Região de Bodocongó da Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Campina Grande.

33 sem

38 visualizações

27 DE JULHO DE 2020

Adicione um comentário... PublicaAc...



projeto_tec.bodocongoc • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongocg Vídeo enviado aos beneficiários do projeto

Cuidar do Meio Ambiente através de atitudes simples de nosso dia a dia como as tarefas domésticas, por exemplo, é o que esse vídeo pode nos levar a refletir a partir do entendimento de como funciona nosso sistema de esgotamento sanitário.

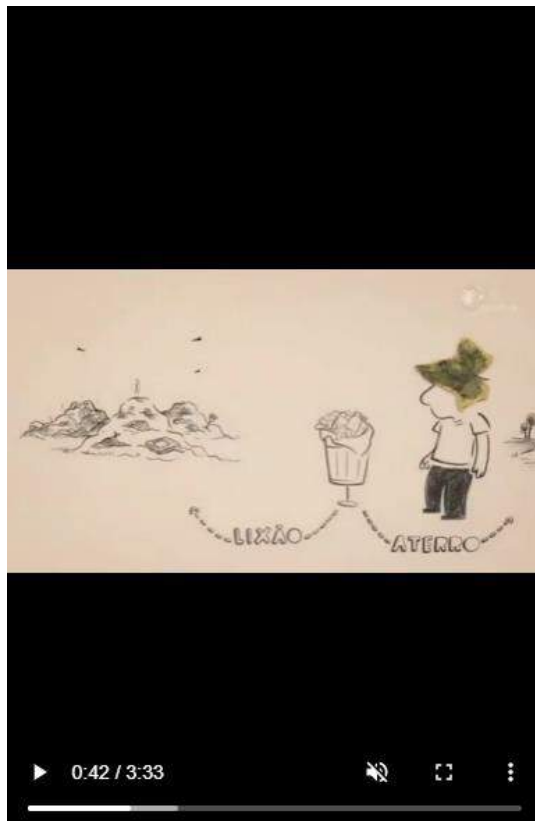
20 sem



33 visualizações

21 DE OUTUBRO DE 2020

Adicione um comentário... [Publicar](#)



projeto_tec.bodocongoc • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongocg Temática abordada: O correto acondicionamento do lixo e coleta seletiva.

15 sem



11 visualizações

30 DE NOVEMBRO DE 2020

Adicione um comentário... [Publicar](#)

- Imagens educativas e de visitas de campo



RECICLA CAMPINA Campina Grande

1/4

Como colaborar com a COLETA SELETIVA?

quero participar do @reciclacampina

projeto_tec.bodocongç • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongç Programa Recicla Campina que faz a coleta seletiva em nossa cidade. Realizada divulgação com os beneficiários do Projeto Sociambiental.

15 sem

4 curtidas

30 DE NOVEMBRO DE 2020

Ativar o Windc

Adicione um comentário



projeto_tec.bodocongç • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongç Visita da equipe às obras de esgotamento sanitário e pavimentação das ruas. Muito já foi feito, falta pouco para a conclusão desse trabalho que traz mais qualidade de vida aos beneficiários.

12 sem

mohanagflor Parabéns, meninas!!!!

12 sem Responder

Curtido por lucianaalvesflor e outras 11 pessoas

17 DE DEZEMBRO DE 2020

Ativar o Windc

Adicione um comentário



projeto_tec.bodocongoc • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongoc Ação de Educação Sanitária e Ambiental: plantio e entrega de mudas na comunidade em parceria com a SESUMA através do Programa Minha Árvore (Setor: Bodocongó)

27 sem

mohanagflor @limadion ...
Plantio e distribuição de mudas.

27 sem 1 curtida Responder

mohanagflor 🍌🍌🍌 parabéns, equipe!

27 sem Responder



Curtido por **Lucianaalvesflor** e outras 14 pessoas

4 DE SETEMBRO DE 2020

Ativar o Wind

Adicione um comentário, acesse [Configuraç](#)



projeto_tec.bodocongoc • Seguindo ...

projeto_tec.bodocongoc Julho/2020. Seguindo com responsabilidade e respeito ao momento que vivemos, de afastamento social, continuamos com o cadastramento das famílias para reconhecimento das demandas surgidas na comunidade e aproveitando para divulgar o trabalho realizado, agora utilizando a tecnologia, temos a possibilidade de oferecer transparência nesse serviço desenvolvido ao longo de alguns meses.

33 sem



Curtido por **projeto_tec.bodocongoc** e outras 7 pessoas

27 DE JULHO DE 2020

Ativar o Wind

Adicione um comentário, acesse [Configuraç](#)