



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

## **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS (ANTEPROJETO)**

**PROJETOS E EXECUÇÃO DE MACRO DRENAGEM DAS BACIAS  
HIDROGRÁFICAS DEVIDAMENTE QUALIFICADAS NO PRESENTE  
TERMO, ONDE ACONTECEM A CADA ESTAÇÃO CHUVOSA  
ENCHENTES E LONGOS ALAGAMENTOS**

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RNP/160613887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS (ANTEPROJETO)

### I. INTRODUÇÃO

#### 1.1 IMPACTOS E CONTROLES DA DRENAGEM URBANA

A tendência da urbanização das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos têm deteriorado a qualidade de vida da população, através do aumento da frequência e do nível das inundações, redução da qualidade de água e aumento de materiais sólidos nos corpos receptores.

Este processo é desencadeado principalmente pela forma como as cidades se desenvolveram nas últimas décadas e a ocupação das áreas ribeirinhas. A tendência existente em termos de planejamento de sistemas de drenagem tem sido a seguinte:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia o escoamento da água precipitada o mais rápido possível para fora da área projetada. Este critério aumenta de algumas ordens de magnitude as vazões máximas, a frequência e o nível de inundação de áreas a jusante.
- As áreas ribeirinhas, inundadas pelo curso d'água durante os períodos de cheia, têm sido ocupadas pela população durante a estiagem. Os prejuízos resultantes são evidentes.

Para alterar esta tendência é necessário adotar princípios de controle de enchentes que considerem o seguinte:

- o aumento de vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante
- a bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos
- o horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas
- as áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas dentro de um zoneamento que contemple as condições de enchentes
- as medidas de controle devem ser preferencialmente não-estruturais

Para implementação destes padrões de controle que busquem uma visão de desenvolvimento sustentável no ambiente urbano é necessário um Plano Diretor Urbano que aborde:

"...assuntos como a caracterização do desenvolvimento de um local, planejamento em etapas, vazões e volumes máximos para várias probabilidades, localização, critérios e tamanhos de reservatórios de detenção e condições de escoamento, medidas para melhorar a qualidade do escoamento, regulamentações pertinentes e como o plano desenvolve os mesmos em consistência com objetivos secundários como recreação pública, limpeza, proteção pública e recarga subterrânea." (ASCE, 1992)



Estado do Ceará

**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

## 1.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO

O planejamento urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento. O planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, através do plano Diretor Urbano não tem considerado aspectos de drenagem urbana e qualidade da água, que trazem grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente.

À medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos:

- aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, conforme Leopold, 1968) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies
- aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo)
- deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto sanitário e pluvial
- contaminação de aquíferos

Além disso, outros impactos ocorrem devido à forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como:

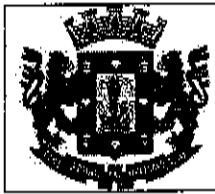
- pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento
- redução de seção do escoamento por aterros
- obstrução de rios, canais e condutos por deposição de lixo e sedimentos
- projetos e obras de drenagem inadequadas

As enchentes em áreas urbanas são consequência de dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma conjunta:

- *Enchentes em áreas ribeirinhas:* os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação
- *Enchentes devido à urbanização:* as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

### 1.2.1 IMPACTOS DE ENCHENTES EM ÁREAS RIBEIRINHAS

Estas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a dois anos. Este tipo de enchente normalmente ocorre em bacias grandes (>500 km<sup>2</sup>), sendo *decorrência de processo natural do ciclo hidrológico*. Os



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
 Secretaria de Infraestrutura

impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano. Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações:

- como nos Planos Diretores Urbanos da quase totalidade das cidades brasileiras, não existe nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas de risco de inundação, a sequência de anos sem enchentes é razão suficiente para que empresários loteiem áreas inadequadas
- invasão de áreas ribeirinhas pela população de baixa renda
- ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, porém com prejuízos significativos

Os principais impactos sobre a população são:

- prejuízos por perdas materiais e humanas
- interrupção da atividade econômica nas áreas inundadas
- contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose e cólera, entre outras
- contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamento e outros equipamentos urbanos

#### 1.2.2 IMPACTOS DE ENCHENTES DEVIDO À URBANIZAÇÃO

##### **AUMENTO DAS VAZÕES MÁXIMAS**

O desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia é alterada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando as seguintes alterações no referido ciclo:

- Redução da infiltração no solo.
- O volume que deixa de infiltrar fica na superfície, aumentando o escoamento superficial. Além disso, como foram construídos condutos pluviais para o escoamento superficial, tornando-o mais rápido, ocorre redução do tempo de deslocamento. Desta forma as vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo (figura 1.1).
- Com a redução da infiltração, o aquífero tende a rebaixar o nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área urbana é muito extensa), reduzindo o escoamento subterrâneo. As redes de abastecimento e de esgoto sanitário possuem vazamentos que podem alimentar o aquíferos, tendo efeito inverso do mencionado.
- Devido à substituição da cobertura natural ocorre uma *redução da evapotranspiração*, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo.

Na figura 1.1 são caracterizadas as alterações no uso do solo devido à urbanização

Yuri Ribeiro Rêgo  
 Engenheiro Civil  
 CREA RN: 160813887-9



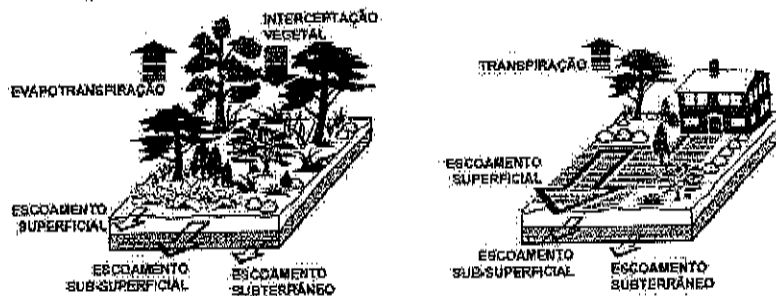
Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

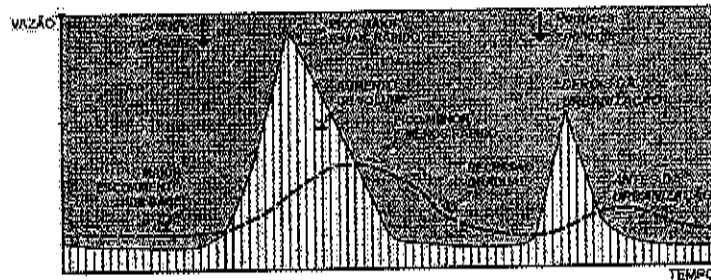
e seu efeito sobre o hidrograma e nos níveis de inundação.

Com o desenvolvimento urbano, são introduzidos na bacia hidrográfica vários elementos antrópicos que atuam sobre o ambiente. Alguns dos principais impactos são discutidos a seguir:

a. BALANÇO HÍDRICO



b. ESCOAMENTO



c. RESPOSTA DA GEOMETRIA DO ESCOAMENTO

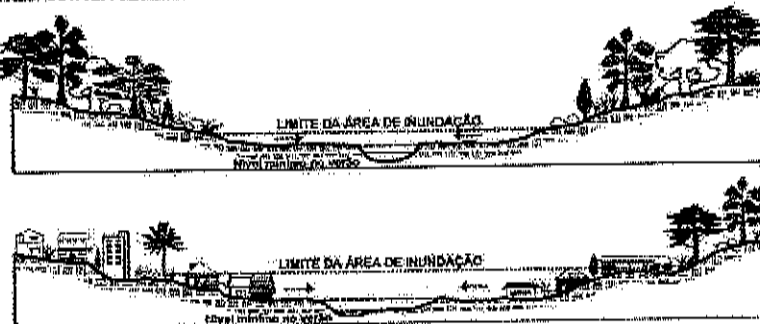


Figura 1.1- Características das alterações de uma área rural para urbana (Schueler, 1987).

## AUMENTO DA TEMPERATURA

As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar aumentando a temperatura ambiente, produzindo *ilhas de calor* na parte central dos centros urbanos, onde predominam o concreto e o asfalto. O asfalto, devido à sua cor, absorve mais energia devido à radiação solar do que as superfícies naturais; o concreto, à medida que a sua superfície envelhece, tende a escurecer e aumentar a absorção

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA/RN 160813887-9



Estado do Ceará

**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

de radiação solar.

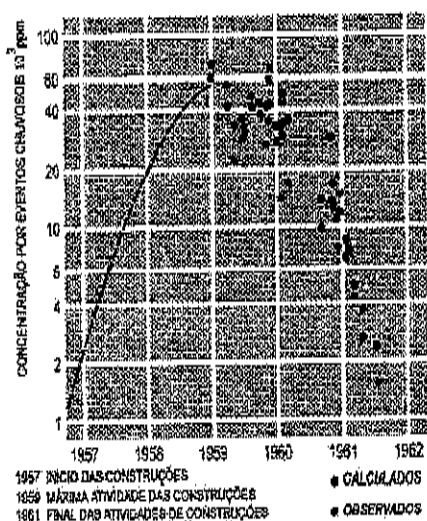
O aumento da absorção de radiação solar por parte da superfície aumenta a emissão de radiação térmica de volta para o ambiente, gerando o calor. O aumento de temperatura também cria condições de movimento de ar ascendente que pode gerar o aumento da precipitação.

As principais consequências ambientais da produção de sedimentos são:

- Assoreamento das seções da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos. A lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte, é um exemplo de um lago urbano que tem sido assoreado. O arroio Dilúvio em Porto Alegre, devido à sua largura e pequena profundidade, durante as estiagens tem depositado no canal a produção de sedimentos da bacia e criado vegetação, reduzindo a capacidade de escoamento durante as enchentes.
- Transporte de poluentes agregados ao sedimento, que contaminam as águas pluviais.

À medida que a bacia é urbanizada e a densificação consolidada, a produção de sedimentos pode reduzir (figura 1.2) mas um outro problema aparece, que é a produção de lixo. O lixo obstrui ainda mais a drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Esse problema somente é minimizado com adequada frequência da coleta e educação da população com multas pesadas.

Figura 1.2- Variação da produção de sedimentos em decorrência do desenvolvimento urbano (Dawdy, 1967)



### AUMENTO DE SEDIMENTOS E MATERIAL SÓLIDO

Durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas. Na figura 1.2 pode-se observar a tendência de produção de sedimentos de uma bacia nos seus diferentes estágios de desenvolvimento.

Muri Ribeiro Braga  
 Engenheira Civil  
 CREA RN Nº 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

## **QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL**

A qualidade da água pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto *in natura*. Esse volume é mais significativo no início das enchentes.

Os sistemas de coleta de esgotos podem ser classificados em: *sistemas unitários*, onde águas pluviais e esgotos sanitários são transportados nos mesmos condutos ou *sistemas separadores absolutos* onde águas pluviais e esgotos sanitários são transportados em redes de condutos separados (*veja Nota*).

*NOTA: em algumas regiões do Brasil os sistemas de coleta e transporte de águas pluviais são conhecidos como sistemas de esgotos pluviais e os sistemas de esgotos sanitários são conhecidos como sistemas de esgotos cloacais. Neste manual ambas as terminologias são utilizadas.*

As normas técnicas brasileiras preconizam que as redes devem ser do tipo separador absoluto. Entretanto, existem no país muitos sistemas unitários. Em áreas urbanas antigas e consolidadas, e mesmo em cidades consideradas adiantadas, as limitações financeiras têm restringido os investimentos necessários à separação das águas pluviais. É comum encontrar áreas atendidas por rede destinada exclusivamente à coleta de esgotos onde essa rede acaba lançando, no sistema de águas pluviais, os efluentes coletados sem qualquer tratamento prévio.

Esta situação prejudica a implantação de sistemas de controle de cheias tipo reservatórios de amortecimento. Altas concentrações de esgotos nas águas pluviais, em estruturas de retenção, provocam impactos sobre as vizinhanças dessas estruturas, de difícil mitigação.

A qualidade das águas pluviais que não recebem lançamentos diretos de esgotos deve também ser considerada no planejamento de sistemas de drenagem. Essa qualidade depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação, suas distribuições temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso do solo da área drenada. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

## **CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS**

As principais condições de contaminação dos aquíferos urbanos devem-se aos seguintes fatores:

- Aterros sanitários contaminam as águas subterrâneas pelo processo natural de precipitação e infiltração. Deve-se evitar que sejam construídos aterros sanitários em áreas de recarga e deve-se procurar escolher as áreas com baixa permeabilidade. Os efeitos da contaminação nas águas subterrâneas devem ser examinados quando da escolha do local do aterro.
- Grande parte das cidades brasileiras utiliza fossas sépticas como destino final do esgoto, contribuindo para a contaminação da parte superior do aquífero. Esta contaminação pode comprometer o abastecimento de água urbana quando

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA/RN: 160813887-9



Estado do Ceará

**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

existe comunicação entre diferentes camadas dos aquíferos através de percolação e de perfuração inadequada dos poços artesianos.

- A rede de condutos de pluviais pode contaminar o solo através de perdas de volume no seu transporte e até por entupimento de trechos da rede que pressionam a água contaminada para fora do sistema de condutos.

### 1.3 MEDIDAS DE CONTROLE NA DRENAGEM URBANA

As medidas de controle de inundações podem ser classificadas em:

- *Estruturais, quando modificam o sistema, buscando reduzir o risco de enchentes, pela implantação de obras para conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos.* Estas medidas envolvem construção de barragens, diques, canalizações, reflorestamento, entre outros.
- *Não-estruturais, quando são propostas ações de convivência com as enchentes ou são estabelecidas diretrizes para reversão ou minimização do problema.* Estas medidas envolvem o zoneamento de áreas de inundações associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheia, seguro de inundação, legislações diversas, entre outros.

As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco das enchentes. Estas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem no contexto global da bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia.

As medidas intensivas são aquelas que agem numa escala menor, nos cursos d'água e superfícies, e podem ser obras de contenção como diques e pôlderes, de aumento da capacidade de descarga como retificações, ampliações de seção e corte de meandros de cursos d'água, de desvio do escoamento por canais e de retardamento e infiltração, como reservatórios, bacias de amortecimento e dispositivos de infiltração no solo.

As medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa ao sistema pois isto exigiria um dimensionamento contra a maior enchente possível, o que é física e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode em alguns casos, como o de um reservatório de amortecimento a montante, criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos.

As *medidas não estruturais*, em contraponto, procuram reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais e, em alguns casos, estipular princípios que revertam os riscos artificialmente majorados por ações antrópicas às condições naturais. As ações não estruturais em drenagem urbana abrangem os mecanismos de estipulação dos princípios básicos (filosofia), de estabelecimento de como estes princípios devem ser respeitados (legislação, normas





Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

e manuais técnicos) e de preparação da sociedade para que eles venham a ser implantados e obedecidos na atualidade e no futuro. O custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais é em geral superior ao de medidas não-estruturais.

Desta forma, os princípios básicos de uma drenagem urbana moderna são os de não aumentar as cheias naturais e não fazer intervenções no meio ambiente que provoquem aumento ou transferência de enchentes para outros locais, a montante ou a jusante. Isto enquadra-se no que se costuma chamar de abordagem ambientalista, que se baseia numa correta gestão dos impactos do meio urbano sobre o meio ambiente hidrológico.

A abordagem é complexa e inclui aspectos técnicos de engenharia, sanitários, ecológicos, legais e econômicos, além de exigir uma conexão muito mais estreita com a concepção e gestão dos espaços urbanos. A abordagem tradicional na engenharia, chamada de abordagem higienista, preconizava simplesmente o transporte rápido dos excessos pluviais por condutos enterrados. A abordagem ambientalista é radicalmente oposta, pois preocupa-se com a manutenção e recuperação de ambientes, de forma a torná-los saudáveis interna e externamente à área urbana, ao invés de só procurar sanear o interior da cidade.

*No entanto, não é possível reduzir o controle da drenagem urbana a um receituário de medidas estruturais e não estruturais. Todas as medidas de controle devem integrar-se ao planejamento ambiental do meio urbano, deixando de ser apenas um problema de engenharia e de planejamento administrativo.*

Entretanto, o enfoque isolado das medidas de controle estruturais da drenagem urbana, como apresentado a seguir, é útil para melhor precisar seu papel na busca de soluções técnicas que atendam ao planejamento ambiental mais amplo.

Nos estudos para elaboração de Projetos de Drenagem deve ser utilizado um amplo conjunto de medidas e ações estruturais e não estruturais propondo:

- **Ações estruturais:** aplicação de medidas de controle nos estudos de simulação da macrodrenagem objetivando a retenção das cheias em sua origem e utilização de critérios e diretrizes de projeto recomendadas no Manual.
- **Ações não estruturais:** definição de um sistema institucional ordenando as ações a serem desenvolvidas, propostas de complementação de legislações municipais de uso e ocupação do solo, criação e implementação de um Plano de Ação para Situações de Emergência e sistema de divulgação do Plano e interação com os usuários.

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA/RN: 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

## 2. DRENAGEM URBANA E URBANISMO

### 2.1 DRENAGEM URBANA INDISSOCIADA DO URBANISMO

A drenagem urbana que segue os princípios colocados no texto anterior une, de maneira indissociável, os dispositivos de controle dimensionados pela engenharia com o arranjo urbanístico da área. Isto rompe com a prática usual de os projetos arquitetônicos e urbanísticos considerarem a drenagem ou controle das águas pluviais como um projeto acessório para dar um destino a essas águas sem nenhuma interferência ou retro-alimentação com os primeiros.

O ideal é que a integração do urbanismo e sistema pluvial para controle da drenagem urbana seja feita de modo preventivo, isto é, na hora do projeto, mas o passivo do passado conduz a muitas situações de remediação, ou seja, muitas vezes, são necessárias intervenções de natureza corretiva. Ressalte-se que o ideal é sempre atuar de modo preventivo pois há vantagens de custo, técnicas e de melhoria do meio ambiente urbano.

### 2.2 DRENAGEM URBANA PREVENTIVA

Corresponde à situação em que há oportunidade de o projeto urbanístico ser realizado em conjunto com a planificação da gestão das águas pluviais. Esta planificação não constitui uma lista de obras e suas especificações, mas basicamente um conjunto de princípios que devem dar prioridade maior à avaliação o mais cedo possível de cada impacto de cada alternativa de *layout* sobre a drenagem. Isto inclui a não modificação, na medida do possível, da drenagem natural, a conservação de faixas vegetadas ribeirinhas e a minimização das superfícies impermeáveis.

Também, conforme capítulo anterior, cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural, para que se evite o comprometimento não só do próprio local mas também, numa escala mais ampla, da própria bacia hidrográfica.

Isto é importante em países em desenvolvimento pois o descontrole da expansão urbana é uma realidade.

### 2.3 DRENAGEM URBANA CORRETIVA

Em regiões urbanas com alta densidade demográfica a dificuldade da gestão das águas pluviais é maior na medida em que a situação tende para aquela que é a realidade de muitos países em desenvolvimento, rede pluvial exclusivamente para condução rápida dos escoamentos, cursos d'água, entendidos com papel exclusivo de drenagem pluvial (muitos são retificados e outros enterrados), vias urbanas e edificações ocupando áreas ribeirinhas e taxas de ocupação do solo e impermeabilização elevadas. Em consequência, há freqüentemente, pouco espaço físico para soluções alternativas, neste caso as ações para correção da situação causada ao longo do tempo, têm um grau de dificuldade bem maior e nem sempre obtém-se um resultado satisfatório.

Apesar destes problemas típicos de países em desenvolvimento, muitas soluções corretivas propostas pelas técnicas modernas de projeto de drenagem urbana são aplicáveis.



## II. CARACTERÍSTICA HIDROLÓGICA DA REGIÃO

### 2.1 Pluviometria

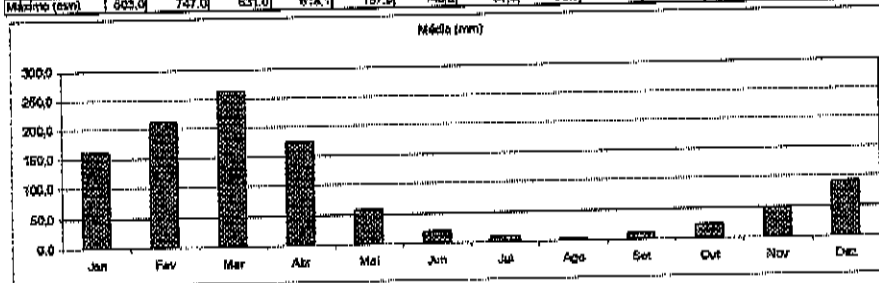
Na região da bacia hidrográfica do Riacho das Timbaúba são comuns médias pluviométricas anuais em torno dos 1.000 mm, como se pode verificar nos registros observados nos postos pluviométricos operados atualmente pela FUNCEME localizados nas cidades de Crato (Código ANA: 00739006), Juazeiro do Norte - Aeroporto (Código ANA: 00739000) e Barbalha (Código ANA: 00739016).

Destes três postos, todos com leituras pluviométricas iniciadas por volta de 1910, apenas o posto de Crato apresenta uma série pluviométrica sem, praticamente, qualquer falha de observação, ou seja, são quase 100 anos de registros das alturas pluviométricas diárias precipitadas na região, bem representativo, portanto, do comportamento temporal das chuvas na área de estudo.

Assim, selecionou-se o posto pluviométrico de Crato para representar o regime das chuvas médias precipitadas na área de estudo (vide Tabela abaixo), onde se observa que a média anual precipitada é de 1.066,7 mm, sendo que as precipitações distribuem-se ao longo do ano com maior intensidade entre os meses de dezembro a maio do ano hidrológico

Tabela 2.1. Estatística pluviométrica da região

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dec	Ano
Média (mm)	161,3	211,3	263,0	178,2	67,7	19,5	8,4	4,0	10,0	23,4	47,8	90,0	1066,7
Coef. Var. (%)	117,3	70,0	128,8	122,8	14,3	28,0	14,3	4,2	26,7	34,8	67,0	74,4	140,3
CV	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	1,4	1,7	2,3	2,4	1,6	1,3	0,8	0,3
Máximo (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8
Mínimo (mm)	863,0	747,0	631,0	813,0	187,0	148,0	67,8	50,8	158,3	174,0	229,6	258,0	2374,8



Observa-se ainda que a distribuição temporal das chuvas se inicia em meados de outubro e início de novembro, intensificando-se a partir de dezembro com média mensal em torno dos 90 mm, elevando-se já em janeiro para mais de 160 mm e atingindo a maior média no mês de março, com mais de 260 mm. Já o período de estiagem é bem caracterizado e



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

compreendido entre os meses de junho e setembro, cuja somatória das médias mensais precipitadas neste período não representa 4% da média pluviométrica anual.

## **2.2 Fluviometria**

Quanto ao regime das vazões médias, é comum a intermitência dos córregos e riachos de menor porte que drenam a região, sendo que os corpos de drenagem de maior porte chegam a apresentar regime de perenidade, em virtude da região se encontrar assentada em substratos de origem sedimentar e metamórfico da Província da Borborema, com cobertura de solos profundos, sob um relevo forte ondulado nas cabeceiras, ondulado nos médios cursos e suavemente ondulado a plano nos vales de drenagem.

Devido às fortes declividades observadas nas porções médio-altas das bacias de drenagem, quando ocorrem as precipitações, é comum a formação de enxurradas, que ao atingirem os corpos de drenagem principais, elevam rapidamente as vazões escoadas, promovendo erosões e alagamentos nas áreas urbanizadas por onde passam.

Como caracterização fluviométrica da região, tem-se a estação fluviométrica Sítio Lapinha (código ANA 36210000), sob responsabilidade da ANA – Agência Nacional de Águas e operada pela CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, instalada em uma seção transversal ao rio Salgado, cerca de 20 km a jusante do encontro do riacho das Timbaúbas com o rio Batateira.

Esta estação localiza-se no município de Missão Velha e drena uma área de 1.903 km<sup>2</sup>.

A Tabela abaixo mostra a estatística média das vazões observadas nesta estação fluviométrica.

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RNP: 160813887-9



**Estado do Ceará**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
**Secretaria de Infraestrutura**

Tabela 2.2. Estatística fluviométrica da estação Sítio Lapinha

Estatística	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Média (m³/s)	4,3	7,5	13,5	12,3	3,7	1,4	1,1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,7	3,9
Desv. Pac. (m³/s)	8,3	8,1	10,7	11,5	4,4	1,0	1,1	0,9	0,5	0,3	0,4	1,1	2,8
C.V.	1,48	1,08	0,79	0,92	1,19	0,70	1,01	1,70	1,77	1,47	1,72	1,48	0,72
Máximo (m³/s)	28,2	27,1	50,5	46,3	20,4	4,0	4,0	4,1	1,9	0,8	1,6	4,8	12,5
Mínimo (m³/s)	0,0	0,8	2,3	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5

Como se pode observar, a variação temporal ao longo do ano hidrológico é semelhante ao que ocorre com as precipitações, com as maiores médias mensais prevalecendo entre os meses de janeiro e maio.

Calculando-se a vazão média específica anual escoada na área de drenagem da estação Sítio Lapinha, tem-se um valor de 2,02 L/s/km², sendo que o coeficiente de variação do escoamento anual é de 0,72.

Note que a série de vazões médias observadas na referida estação fluviométrica já registrou médias anuais que variaram desde poucos 0,5 m³/s até mais de 12 m³/s, mostrando a forte variabilidade interanual e a complexidade do regime dos escoamentos na região.

### 2.3 Estudo de cheias

A baixa densidade de dados fluviométricos no Brasil, aliada aos interesses prioritários do setor elétrico (principal financiador dos órgãos de monitoramento hidrológico no país) privilegiou sempre o monitoramento dos rios de maior caudal, levando, muitas vezes, a indisponibilidade de séries de vazões observadas em rios do Nordeste semi-árido, impossibilitando, assim, o emprego de métodos estatísticos que envolvam o ajuste de distribuições probabilísticas de vazões como base para os estudos de cheias.

Como alternativa ao estudo de vazões máximas, é usual aplicar métodos de regionalização de vazões ou cálculo das vazões com base em informações pluviométricas (métodos de



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

transformação chuva-deflúvio). A escolha de métodos baseados em informações pluviométricas para este estudo se baseia numa extensa utilização dos mesmos em diversos estudos de cheias do Brasil, apresentando resultados satisfatórios.

O estudo de cheias realizado no âmbito deste projeto constituiu-se na geração de eventos extremos de vazões escoados nas diversas bacias para os tempos de recorrência necessários para dimensionamento das obras de macro e microdrenagem com base na precipitação incidente na respectiva bacia de contribuição

Apresenta-se a seguir, como exemplo, a simulação de cheias na bacia hidrográfica do riacho das Timbaúbas, envolvendo a avaliação de extremos das precipitações, cálculo da precipitação efetiva, transformação dos eventos de chuva em escoamento superficial, propagação do escoamento e análise dos hidrogramas nos locais de interesse para um período de retorno de 50 anos, conforme o quadro abaixo, em estudos de macro-drenagem em áreas comerciais e residenciais, como as aqui consideradas

Tipo de obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Micro-drenagem	Residencial	2
Micro-drenagem	Comercial	5
Micro-drenagem	Edifícios de serviços ao público	5
Micro-drenagem	Aeroportos	2 a 5
Micro-drenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10
Macro-drenagem	Áreas Comerciais e residenciais	50 a 100
Macro-drenagem	Áreas de específica importância	500

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo DAEE/CETESB

## 2.4 . Chuvas Intensas

### 2.4.1 Relação Intensidade – Duração – Freqüência

Na correlação da intensidade com a duração das chuvas verifica-se que quanto mais intensa for uma tormenta, menor será sua duração. A relação cronológica das maiores intensidades para cada duração deve ser obtida de uma série de registros pluviográficos de chuvas intensas.

Da mesma forma, quanto menor for o risco de ocorrência de uma chuva mais intensa, maior será a intensidade da mesma. A função  $i = f(d,p)$ , onde  $i$  = intensidade,  $d$  = duração e  $p$  = probabilidade ( $Tr = 1/p$ , onde  $Tr$  = tempo de recorrência), pode ser determinada com base nos dados de pluviógrafos instalados no local de interesse, ou estimada com base em dados coletados em postos próximos.

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA/RN: 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

Para tanto, a caracterização do regime de intensidade das precipitações da região de estudo foi realizada por meio da clássica metodologia desenvolvida por Taborga – Torrico (1974), onde se apresenta uma técnica de aproveitamento da grande quantidade de informações pluviométricas disponíveis para todo o território nacional brasileiro, baseada no estabelecimento de relações de desagregação de chuvas com duração de um dia para chuvas com durações menores que esta.

Em seu estudo, Taborga - Torrico observou que ao desenhar em um papel de probabilidades as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil e, prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto, para determinadas áreas geográficas.

Esta tendência significa que, em cada área homogênea, a relação entre as precipitações de 1 hora e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independente das alturas de precipitações.

Esta relação constante possibilita determinar a correlação entre dados de estações pluviográficas e pluviométricas, para tempos de duração inferiores a 24 horas, mediante a aplicação de um mapa de isozonas (para visualização deste mapa, consultar a publicação Taborga - Torrico – 1974) que relacionam as alturas de precipitação máxima anual de uma hora com a máxima anual de 24 horas.

O mapa de isozonas mostra as seguintes características:

2.4.1.1 As isozonas B e C tipificam a zona de influência marítima, com coeficientes de intensidade suaves;

2.4.1.2 As isozonas E e F tipificam as zonas continentais e do nordeste, com coeficientes de intensidade altos;

2.4.1.3 A isozona D tipifica toda a zona de transição entre a continental e a marítima. Esta isozona se prolonga para o Norte, caracterizando uma parte da zona de influência do Rio Amazonas;

2.4.1.4 As isozonas G e H tipificam a zona da caatinga nordestina, com coeficientes de intensidade muito altos;

2.4.1.5 A isozona A coincide com a zona de maior precipitação anual do Brasil, com coeficientes de intensidade baixos.

Yuri Pinheiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RN nº 150813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

A isozona na qual a área de drenagem do riacho das Timbaúba está localizada é F.

Todavia, para aplicação da metodologia desenvolvida por Taborga Torrico, faz-se necessário a determinação da precipitação máxima diária (estudo de extremos), oriunda das séries pluviométricas, associadas a determinadas recorrências.

Para o estudo de extremos, foi selecionado o posto pluviométrico Crato (00739006), já descrito anteriormente, cuja série de máximos diários anuais é mostrada na Tabela a seguir:

Série anual de máximos diários precipitados

Ano	Máximo (mm)	Ano	Máximo (mm)	Ano	Máximo (mm)	Ano	Máximo (mm)
1977	151,0	1985	96,0	1993	55,4	2001	66,0
1978	83,0	1986	110,0	1994	94,2	2002	91,8
1979	150,0	1987	95,0	1995	87,0	2003	120,0
1980	75,0	1988	115,0	1996	82,2	2004	156,0
1981	105,0	1989	65,0	1997	83,6	2005	101,0
1982	95,0	1990	63,0	1998	108,6	2006	98,0
1983	51,0	1991	72,3	1999	83,2	2007	110,2
1984	72,0	1992	125,0	2000	62,0	2008	93,2

Com base na série anual de máximos diários, ajustaram-se diferentes distribuições de probabilidade (Normal Truncada, LogNormal 2P, LogNormal 3P, Extremo Tipo I, LogExtremo Tipo I, Pearson Tipo III e LogPearson Tipo III), verificando-se os ajustes através do teste de aderência  $\chi^2$ .

Com este procedimento, estimaram-se as precipitações diárias para os tempos de retorno de 2, 10, 25, 50 e 100 anos, conforme pode ser visto na Tabela 3.2, na qual se encontram ilustrados tais valores de chuvas máximas, assim como a distribuição de probabilidade adotada.

Eng.º Sérgio Braga  
 Engenheiro Civil  
 CREA - RP 160813937-9



	Estado do Ceará
	<b>PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE</b>
	Secretaria de Infraestrutura

Tabela 3.2. Precipitações máximas diárias para tempos de retorno de 2, 10, 25, 50 e 100 anos

Tempo de Retorno	Precipitação Máxima Diária (mm)	Distribuição de Probabilidade	Valor $X^2$ da Distribuição	Limite Estatística $X^2$ (95% confiança)
2	91,3	Pearson Tipo III	1,438	9,492
10	130,7			
25	147,3			
50	161,8			
100	174,6			

Para correlacionar as precipitações nos postos pluviométricos com as isozonas, Taborga - Torrico determinou uma relação 24 horas / 1 dia, para o tempo de recorrência base de 01 ano. O coeficiente calculado foi de 1,095, com um desvio padrão de  $\pm 6,6\%$ . Ou seja, a chuva de 24 horas se mostra 10% maior que a chuva de 1 dia.

A Tabela 3.3 mostra os valores de tormentas diárias associadas às recorrências de 2, 10, 25, 50 e 100 anos para o posto pluviométrico estudado, tormentas estimadas com base na distribuição de probabilidade adotada, juntamente com a desagregação das chuvas observadas em intervalos de tempo menores que 24 horas, com base nos parâmetros da isozona F.

Yuri Ribeiro Braga  
 Engenheiro Civil  
 CREA/RN: 180813307-0

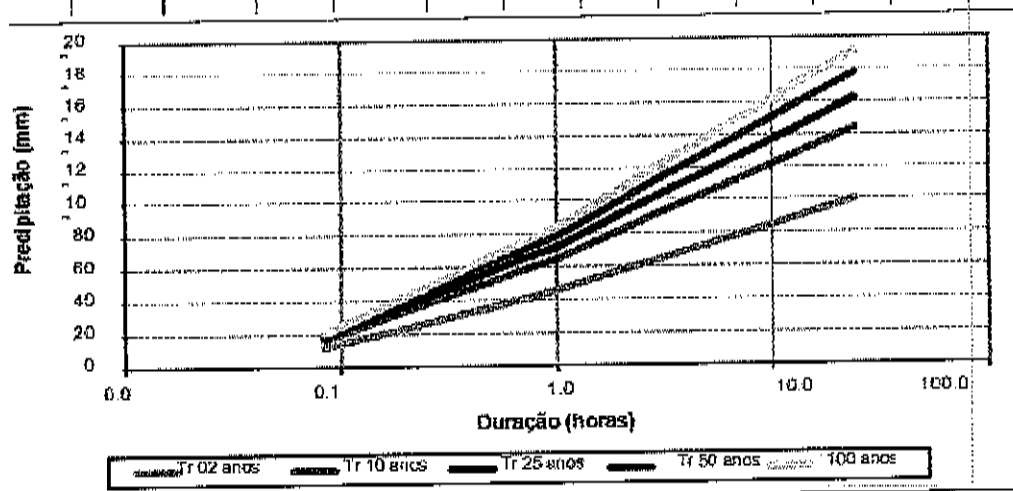


**Estado do Ceará**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

**Secretaria de Infraestrutura**

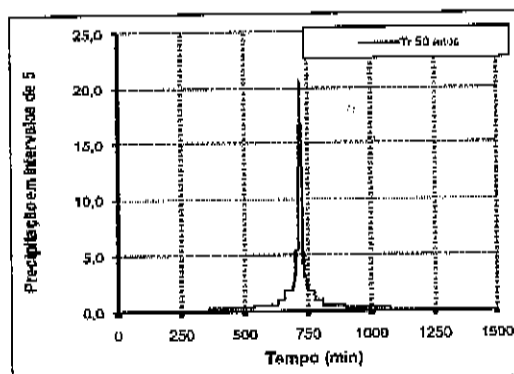
**Tabela 3.3. Desagregação das tormentas diárias associadas às recorrências de 2, 10, 25, 50 e 100 anos em diferentes durações**

Tr (anos)	P diária (mm)	Intensidades de tormenta (mm) para diferentes durações (hora)									
		00:05	00:15	00:30	00:45	01:00	02:00	03:00	06:00	12:00	24:00
		0,08	0,28	0,50	0,75	1	2	3	6	1	2
2	91	11,0	26,7	38,2	41,7	46,7	57	64	76	88,5	100,4
10	130,7	16,6	38,2	51,8	59,8	65,4	82	92	109,6	128,6	149,7
25	147,3	18,8	42,8	57,7	66,5	72,8	92	103,6	123,1	142,8	162,1
50	161,8	20,6	46,5	62,9	72,4	79,2	100,7	113,3	134,9	158,4	178,0
100	174,6	19,8	48,5	66,6	77,2	84,7	108,1	121,8	145,2	168,6	192,1



**2.4.2. Hietograma de Projeto**

Para a determinação do Hietograma de Projeto para um período de retorno de 50 anos, a duração da chuva considerada foi de 24 horas, superior ao tempo de concentração da bacia, sendo que a discretização temporal dos dados pluviométricos foi realizada tomando um intervalo de tempo de 5 minutos, conforme ilustra o abaixo o Hietograma abaixo.



**Hietograma**  
(período de retorno de 50, duração de 24 horas intervalo de tempo de 5 minutos)

Yuri Ribeiro Gomes  
Engenheiro Civil  
CREA/RN: 160813087-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
 Secretaria de Infraestrutura

### 2.4.3. Método de Determinação da Precipitação Efetiva

A precipitação efetiva é a parcela do total precipitado que gera escoamento superficial. Para obter a precipitação efetiva é necessário retirar os volumes evaporados, infiltrados e retidos nas depressões.

Para este fim utilizou-se a metodologia conhecida como "Método da Curva Número", desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* – SCS, que se baseia na expressão apresentada a seguir:

$$P_e = \frac{(P - I)^2}{P - I_a + S}$$

Em que:

$P_e$  = precipitação efetiva (mm);

$P$  = precipitação total (mm);

$I_a$  = perdas iniciais;

$S$  = retenção máxima potencial.

Os autores da metodologia verificaram a partir de experimentos em pequenas bacias que:

$$I_a = 0,2 \times S$$

Para determinar a retenção máxima potencial  $S$ , os autores relacionaram esse parâmetro da bacia com um fator CN dado pela seguinte expressão:

$$S = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}}$$

Yuri Ribeiro Braga  
 Engenheiro Civil  
 CREA RNP 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

Valores do fator CN variam de 100 para superfícies totalmente impermeáveis até aproximadamente 30 para solos permeáveis com altas taxas de infiltração. Para uma bacia hidrográfica o fator CN pode ser estimado a partir de informações do uso e ocupação do solo, tipo de solos e umidade antecedente da bacia.

### ***Hidrogramas de Projeto***

#### **2.5.1. escoamento Superficial**

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia até encontrar uma calha definida. A resposta da bacia a um determinado evento chuvoso que resulta em escoamento é representada através de um hidrograma.

No presente estudo utilizou-se a metodologia conhecida como Hidrograma Unitário Triangular, desenvolvida pelo *Soil Conservation Service* – SCS, em que o hidrograma unitário é considerado um triângulo.

Para aplicação do método é necessário determinar o valor do  $T_{lag}$ , tempo de retardo, que pode ser obtido em função do  $T_c$ , tempo de concentração, este último estimado pela equação de Kirpich. O tempo de retardo pode ser determinado conforme expressão a seguir:

$$T_{lag} = 0,60 \times T_c \text{ onde:}$$

$T_{lag}$  = tempo de retardo (minuto)

$T_c$  = tempo de concentração (minuto)

Sendo que  $T_c$  segundo a equação de Kirpich é:

$$T_c = 57 \times (L^2 / H)^{0,385} \text{ em que:}$$

$T_c$  = tempo de concentração em minutos

L = comprimento do rio em km

H = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e a seção principal em metros

Eng. Roberto Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RJ: 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

### Picos da Cheia Cinquentenária

O estudo de cheias da bacia hidrográfica do riacho das Timbaúbas deve ser desenvolvido, avaliando-se o efeito da transformação do

evento chuvoso em vazões geradas e propagadas de forma integrada nas diversas sub-bacias em que a área de estudo foi discretizada, obedecendo ainda à topologia de interligação entre estas sub-bacias, e sobretudo o estudo da área impermeabilizada face ao processo de utilização e urbanização da área.

### III. OBJETO

Antes da descrição do objeto do presente Termo de Referência, cabe algumas considerações de cunho justificativo.

Em Juazeiro do Norte é evidente que não houve nenhuma preocupação com os recursos hídricos locais, nem com o Planejamento para execução de sistemas da drenagem urbana.

Sua urbanização caótica provocada pelo uso inadequado do solo provocaram a redução da capacidade de armazenamento natural das águas escoadas, causando naturalmente seu desvio para outros locais sem calhas naturais, ocasionando enchentes e alagamentos.

Algumas pequenas obras existentes na sede do município sem estudos consistentes, tentaram solucionar o problema da perda do armazenamento natural com obras de canalização provocando o aumento da velocidade dos escoamentos, diminuindo o tempo de concentração e causando maior pico da vazão a jusante.

Isso com freqüência têm trazido inundações em áreas que anteriormente não sofriam tais problemas, visto que a ocupação urbana normalmente se desenvolve no sentido de jusante para montante.

Inexiste Plano Diretor de Drenagem no município de Juazeiro do Norte, que obrigue obras de Drenagem em empreendimentos públicos ou privados, o que tem ocasionado a

Yuri Pinheiro Gomes  
Engenheiro Civil  
CREA/RN: 160813907-0



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

implantação de obras, ou loteamentos sobre o caminho natural das águas, ou nas zonas ribeirinhas .

Esse cenário, leva o atual gestor a deparar-se com inúmeras áreas com problemas de drenagem, e escolher uma política ou partido de atuação que determine as decisões presentes e futuras, sem nenhum respaldo em Planejamento de Drenagem Urbana anterior,

A área técnica aponta pontos a serem levados em consideração, como os dados físicos da bacia, hidráulicos, hidrológicos, de uso e ocupação da área em estudo, os dados de qualidade d'água (pontuais e difusos).

A não incorporação da drenagem na fase inicial do desenvolvimento urbano de Juazeiro do Norte, resultará em projetos técnicos muito dispendiosos e, em algumas áreas com altíssima densidade demográfica e leitos tomados por edificações ou simplesmente aterrados, na sua inviabilidade técnica e/ou econômica.

A implementação de medidas de controle estruturais de cunho corretivo para minimizar os problemas das enchentes e alagamentos são prioridades.

Igualmente prioritários e não menos importantes, são ações no sentido de se prevenir a ocorrência destes problemas em outras áreas menos densas, com a implementação de políticas públicas que criem normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, ao disciplinamento do uso e ocupação do solo e à conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RN: 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

### 3.1. DO OBJETO DO PRESENTE TERMO DE REFERÊNCIA

O objeto do presente Termo de Referência é oferecer subsídios para a elaboração de **PROJETOS DE ENGENHARIA (BÁSICO E EXECUTIVO) E EXECUÇÃO DAS INTERVENÇÕES HIDRÁULICAS NECESSÁRIAS PARA CONTROLE E/OU ATENUAÇÃO DE ENCHENTES NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE**, notadamente nos bairros e áreas identificadas no mapa a seguir:



**Mapa 01 – Localização das principais áreas com problemas de drenagens - alagáveis**

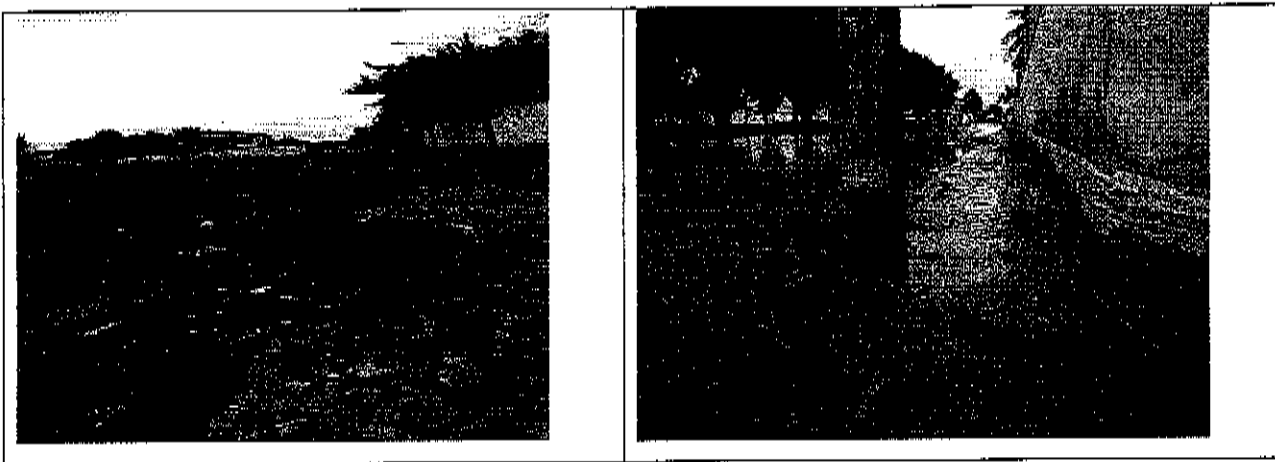
Yuri Pinheiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RJ nº 180513007-0



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

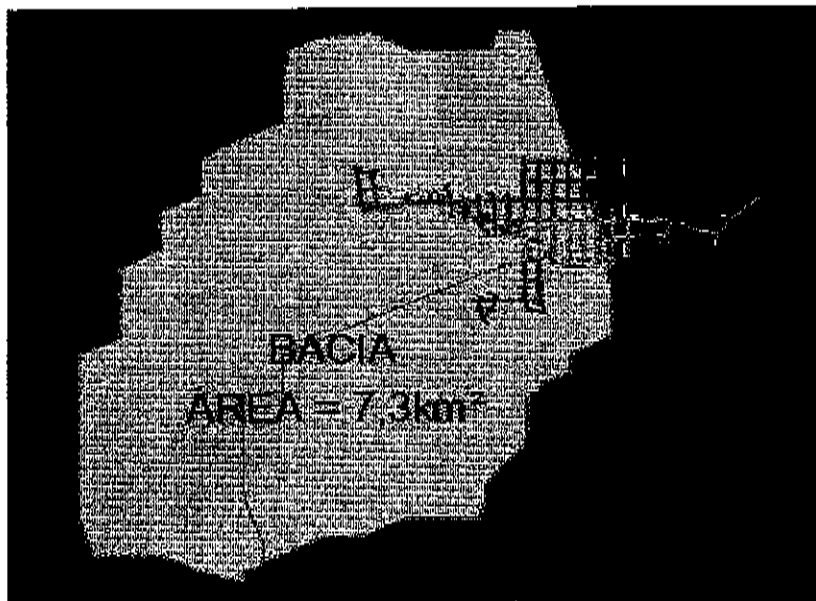
**2.1 BAIRRO LAGOA SÊCA** – bacia hidráulica da Rua Padre Manuel Germano / Avenida Leão Sampaio cujas águas provenientes principalmente dos bairros Jardim Gonzaga e Frei Damião causam alagamentos ao longo de toda a rua, impedindo a circulação de veículos na região, inclusive na Ce 060 no sentido Juazeiro – Barbalha;



Rua Padre Manuel Germano

As fotos acima dão ideia da problemática da região na época invernos.

***Bacia Hidrográfica – bacia de influência da Rua Manuel Germano***



Eng.º Edilson Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RN 180813887-9





Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

**2.2. BAIRRO LAGOA SÊCA** - Lagoa da APUC no período invernososo transborda inundando por dias a Av. Plácido Aderaldo Castelo tornando as ruas intrafegáveis, invadindo residências e comércios. Outros pontos de alagamento na Avenida Ailton Gomes e outros pontos no bairro serão objeto de intervenção.

**2.3. BAIRRO LAGOA SÊCA** – Implantação de travessia (obra de arte especial-ponte) sobre a travessia da Rua Manuel Germano e sobre a travessia da Rua José Alberto.

**2.4. BAIRRO LIMOEIRO** – abertura de canal de drenagem para escoamento das águas a partir do parque ecológico e Implantação de obra de arte especial (ponte) sobre a travessia da Avenida Castelo Branco;

**2.5. BAIRRO LIMOEIRO** - Implantação de obra de arte especial (ponte) sobre a travessia da rua Francisca Paula Bezerra;

**2.6. BAIRRO LIMOEIRO, TIMBAUBAS, PIO XII** – limpeza e desassoreamento para abertura do canal do Riacho Timbaúba a montante da Avenida Virgílio Távora

**2.7. BAIRRO LIMOEIRO, TIMBAUBAS, PIO XII** – implantação de canalização complementar de drenagem nas bacias correspondentes às ruas Madre Neli Sobreira, Vereador Antônio Braz, Domingos Sávio, Rui Barbosa e Avenida Virgílio Távora onde foram implantadas pontes na travessia do Riacho Timbaúba.



Av. Plácido Aderaldo Castelo

Yuri Pimenta Brito  
Engenheiro Civil  
CREA RN nº 160813887-9



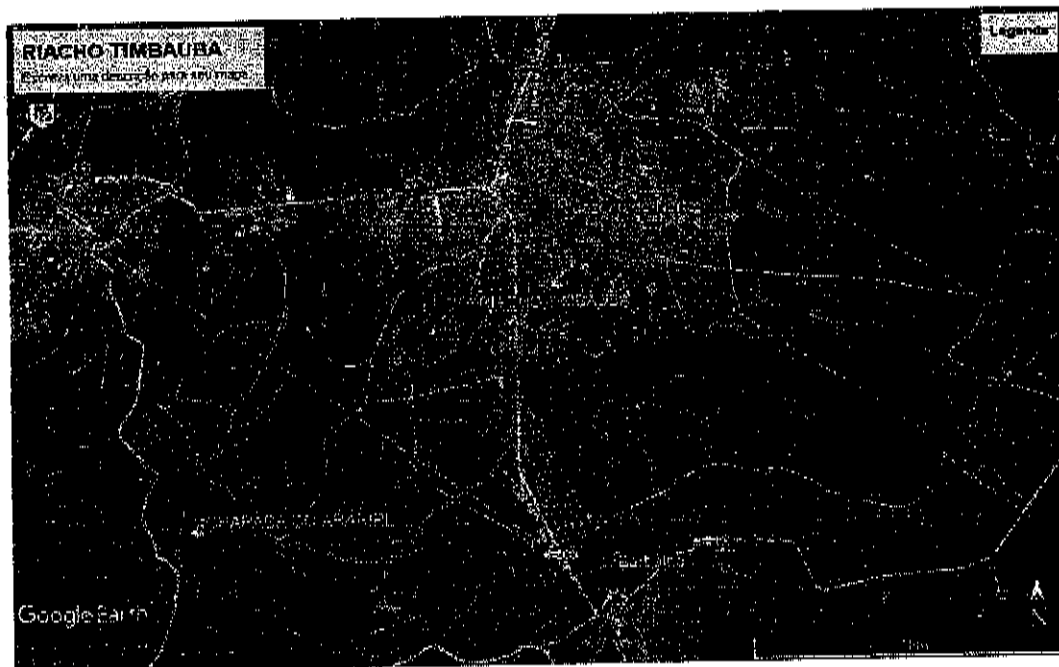
Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

COMISSÃO DE LICITAÇÃO

Folha Nº 36 (2)

O município de Juazeiro do Norte é cortado no sentido Sul – Norte pelo Riacho Timbaúba que tem seu nascedouro na Chapada do Araripe no município de Barbalha.



A área da bacia hidrográfica do Riacho Timbaúba até a lagoa da APUC é de aproximadamente 31,80 km<sup>2</sup>, sendo que grande parte desta área de contribuição distribui-se pela Zona Urbana tendo os bairros Jardim, Gonzaga, Lagoa Seca, Frei Damião, Planalto, João Cabral, José Geral da Cruz, Romeirão, Pirajá, Limoeiro, Timbaúba, Pio XII, como grandes contribuintes.

Ao longo dos anos dos anos o leito do Riacho Timbaúba, sofreu pela urbanização desenfreada e descontrolada, um assoreamento que praticamente o fez desaparecer em algumas áreas, causando graves e constantes alagamentos sobretudo na Lagoa da APUC que a qualquer pequena precipitação causa alagamentos nas ruas circunvizinhas.

Waldemar Braga  
Engenheiro Civil  
CREA/RN - 180813997-0

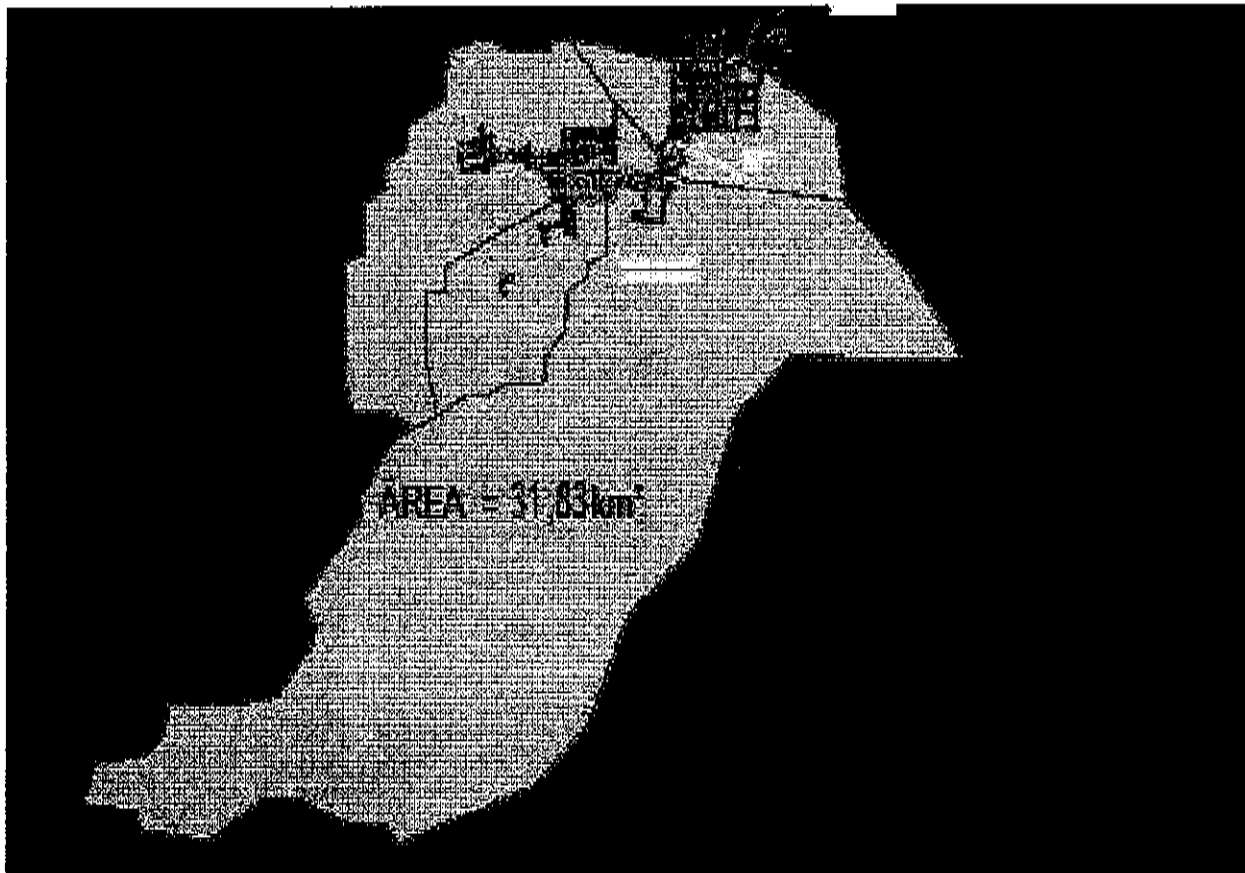


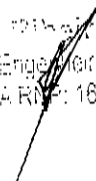
Estado do Ceará

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE

Secretaria de Infraestrutura

**Bacia Hidrográfica – bacia de influência da Lagoa da APUC**



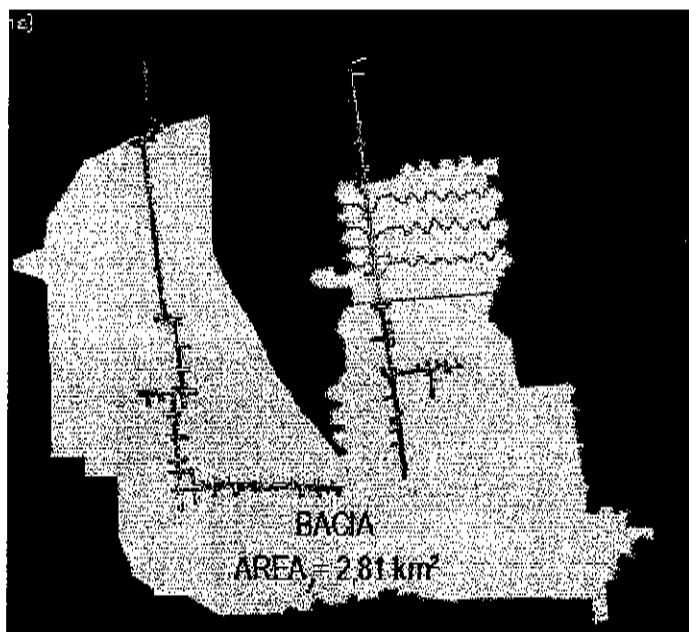
  
Engenheiro Civil  
CREA RJ/P: 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

**2.8. BAIRRO SÃO JOSÉ** - Av. Padre Cícero (CE 192) dois pontos de cheias com alagamento localizados nas proximidades do Supermercado Maxxi (Rua Venceslau Pereira) e próximo ao Supermercado Atacadão (Rua Floriano Pereira) no bairro São José, que impedem a circulação de veículos no sentido Juazeiro – Crato e outros pontos no bairro serão objeto de intervenção;



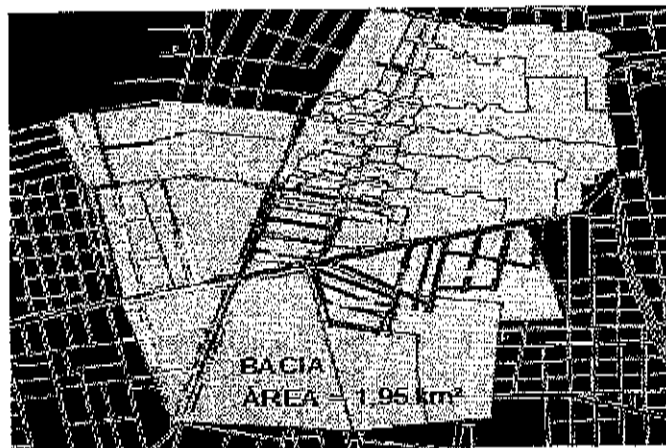
**2.9. BAIRRO SALESIANOS** - Rua Fiscal José Soares / Rua Delmiro Gouveia para onde são direcionadas todas as águas pluviais das áreas mais altas nos bairros Romeirão, Santa Teresa e parte do bairro Triângulo, causando alagamentos e invadindo casas e comércios e outros pontos no bairro serão objeto de intervenção;

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RN: 160810397-0

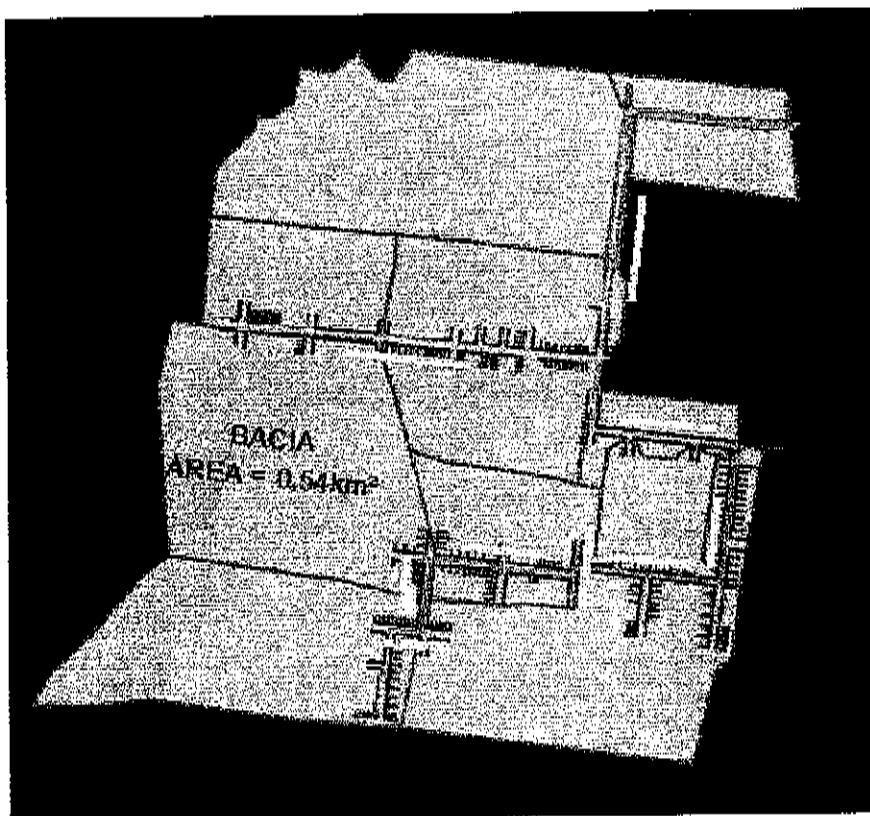


Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura



**2.10. BAIRRO NOVO JUAZEIRO** - Bacia de influência da Rua Jim Reay Wilson e da Rua Augusto Dias Oliveira no, onde a força das águas pluviais no período invernos invade as ruas com muita velocidade invadindo residências e causando estragos por onde passam; Avenida Antônio Sales e ruas adjacentes cuja força das águas destroem pavimento e em alguns pontos causa alagamentos, e outros pontos no bairro serão objeto de intervenção;



Yuri Oliveira Gomes  
Engenheiro Civil  
CREA RN: 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

Secretaria de Infraestrutura

## IV - DOS OBJETIVOS BÁSICOS ESPECÍFICOS

Consideram-se objetivos básicos a elaboração dos projetos das Obras estruturais prioritárias e a recuperação da pavimentação das áreas de intervenção com sustentabilidade ambiental, conforme relação integrante deste Termo de Referência.

Nesse sentido, o contratado deverá propor projetos prevendo medidas para que a cidade de Juazeiro do Norte possa conviver com a dinâmica hídrica sazonal dos cursos d'água existente na zona urbana, sem o incômodo das enchentes e alagamentos.

As proposições de ações estruturais que constituirão as Obras de Drenagem deverão ter os seguintes objetivos:

- a) Reduzir paulatinamente os riscos de inundação na bacia até o nível correspondente a precipitações de tempo de retorno de 50 anos;
- b) Reorganizar a ocupação territorial possibilitando a recuperação de espaços para o controle do escoamento pluvial e implantação de obras que promovam a redução das enchentes e alagamentos;
- c) Possibilitar uma convivência segura com as cheias que excederem a capacidade do sistema de drenagem;
- d) Estimar os custos e os benefícios das medidas propostas e estabelecer um cronograma de investimentos;
- e) Desenvolver critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das obras de drenagem com o meio ambiente urbano;
- f) Utilizar tecnologias avançadas de modelagem hidrológica e hidráulica que permitam dimensionar as intervenções nas áreas de risco de inundação considerando diferentes alternativas de intervenções;

### 1 **PREMISSAS**

Consideram-se premissas básicas dos Obras:

- Proposição de medidas de convivência com o regime hídrico para se atingir o grau de proteção hidrológica para as chelas previstas no projeto;
- Proposição de medidas estruturais para que a cidade de Juazeiro do Norte nas áreas prioritárias possa se adaptar à dinâmica hídrica;
- Proposição de medidas estruturais

Yuri Pinheiro Soares  
Engenheiro Civil  
CREA RN 160813387-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

- As intervenções propostas não poderão agravar as condições de drenagem a jusante, portanto, deverão respeitar as capacidades hidráulicas dos corpos d'água receptores;
- As medidas propostas deverão prever a facilidade e economia da manutenção futura.

Os projetos deverão considerar a implantação de medidas imediatas, considerando ações como remoção de interferências, desobstrução de galerias e recuperação e adequação de estruturas hidráulicas deficientes ou condenadas estruturalmente, expansão de capacidade de controle de cheias nos intervalos de tempo a serem definidos no projeto, avaliadas com a aplicação de análises de benefício/custo, com elementos tangíveis e intangíveis.

## **2 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS OBRAS DE DRENAGEM**

As Obras de Drenagem objeto dos projetos da presente licitação, compõem o Quadro de Obras para o município de Juazeiro do Norte

As obras serão gerenciadas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura;

## **3. ATIVIDADES TÉCNICAS A SEREM DESENVOLVIDAS**

Para a elaboração dos projetos das Obras de Drenagem deverão ser cumpridas as atividades técnicas descritas a seguir:

### **3.1. ATIVIDADE 1 - PLANO DE TRABALHO**

Os projetos de drenagem serão desenvolvidos a partir do Plano de Trabalho, que deverá detalhar as metodologias a serem empregadas, bem como a estrutura organizacional prevista para o desenvolvimento das atividades técnicas. O Plano de Trabalho constituirá o documento base norteador de todo o desenvolvimento das atividades que se seguirem, sendo o primeiro produto a ser submetido ao contratante, devendo ser parte integrante da proposta técnica apresentada.

As empresas contratadas poderão sugerir a execução de atividades complementares àquelas aqui apresentadas, desde que contribuam para melhor atender aos objetivos, princípios e diretrizes destes Termos de Referência e não tragam ônus adicional ao contratante.

Yuri Ribeiro Mendes  
Engenheiro Civil  
CREA RNP 160813607-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

### 3.2. ATIVIDADE 2 - LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BÁSICAS

Recomenda-se que os levantamentos topográficos considerem o cadastramento dos pontos de interesse, inclusive as obras de drenagem existentes, ainda que antigas e subdimensionadas, bem como sejam complementadas com informações dos registros de inundações e propostas de intervenções que devem ser consolidadas e consideradas nas análises que vierem a ser desenvolvidas.

As empresas projetistas deverão considerar e analisar detalhadamente os aspectos relevantes para o controle de cheias nas bacias hidrográficas prioritárias e que influam na configuração atual do sistema de macro e de microdrenagem da cidade de Juazeiro do Norte.

Entre as informações básicas a serem levantadas e utilizadas pelas empresas contratadas, destacam-se:

- Levantamentos cadastrais dos sistemas de drenagem;
- Uso e Ocupação do Solo Atual (elementos que permitam caracterizar o grau de impermeabilização da bacia e a ocupação das áreas marginais aos corpos de água principais);
- Geologia e geotecnia;
- Caracterização da cobertura vegetal atual e passada;
- População atual e previsão de crescimento (estudos recentes);
- Dados pluviométricos e dados fluviométricos (níveis d'água e descargas) oriundos de programa de monitoramento da bacia;
- Dados atualizados das obras hidráulicas, se existirem;
- Estudos hidrológicos e hidráulicos das obras previstas;
- Pontos de alagamento e de inundação observados nas áreas priorizadas;

### 3.3. ATIVIDADE 3 - LEVANTAMENTO DE CAMPO PARA COMPLEMENTAÇÃO DOS CADASTROS

Em conjunto com o levantamento e a análise de todos os dados cadastrais referentes às bacias, deverá ser elaborada uma complementação dos dados e elementos topológicos que forem necessários à modelagem hidráulico-hidrológica do sistema;

O cadastro final deverá apresentar seções transversais suficientes para bem caracterizar o leito de escoamento dos canais ou galerias, devendo incluir todas as singularidades existentes, tais como: curvas, inflexões, transições, estreitamentos

Yuri Ribeiro Braga  
Engenheiro Civil  
CREA RN: 160813887-9





Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

bruscos, mudanças de declividades, entradas de afluentes, desemboques, etc.

A precisão do cadastro deverá ser compatível com a precisão dos demais dados de entrada dos modelos de simulação.

Todos os cadastros e nivelamentos deverão ser georreferenciados ao mesmo sistema de referência da base cartográfica adotada.

### **3.4. ATIVIDADE 4 - CARTOGRAFIA DAS BACIAS A SEREM ESTUDADAS**

Nesta atividade será preparada a cartografia básica de referência para os planos de informação ("layers") georreferenciados dos diversos temas que serão abordados na elaboração dos Obras de Drenagem. Os arquivos deverão ser entregues em extensão shapefile e DXF.

Os dados e informações coletados, bem como os produtos gerados nas demais atividades dos Obras de Drenagem, deverão ser armazenados e tratados em bancos de dados georreferenciados. Deverá ser considerado como referência o DATUM SAD 69.

Para os estudos de ocupação territorial deverão ser utilizadas imagens recentes, obtidas por sensoriamento remoto ou por aerofotogrametria, ortorretificadas.

### **3.5. ATIVIDADE 5 - DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO - DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS COMPUTACIONAIS DE SIMULAÇÃO**

Quando necessário serão utilizados modelos computacionais de simulação hidrológica e hidráulica para o dimensionamento das obras futuras e para verificar os resultados das diversas alternativas de intervenção estudadas.

Para o horizonte de planejamento, o sistema de drenagem deverá ser dimensionado para um risco hidrológico equivalente ao maior de período de retorno, levando-se em conta a elaboração de projetos muito dispendiosos ou até sua inviabilidade técnica e/ou econômica.

O projeto deve cumprir as seguintes atividades que compreendem o desenvolvimento dos modelos de simulação:

- Monitoramento Hidráulico-Hidrológico da Bacia
- Desenvolvimento de Modelo Hidrológico para Simulação de Eventos Contínuos

Yuri Ribeiro Gomes  
Engenheiro Civil  
CREA RNE 160813887-9



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

no Tempo

- Desenvolvimento de Modelo Hidráulico para Simulação de Linhas de Inundação
- Calibração e Verificação dos Modelos
- Mapeamento das Áreas de Inundação para Verificação do Ajuste do Modelo
- Definição de Componentes Básicos do Planejamento
- Prospecção do Crescimento Populacional e do Uso e da Ocupação do Solo na Bacia
- Cenários Hidrológicos
- Mapeamento das Áreas de Inundação para Diferentes Riscos Hidrológicos
- Proposição de Medidas Estruturais
- Proposição de Medidas Não Estruturais, Compensatórias e/ou Mitigadoras
- Levantamentos Complementares de Campo e Cadastro
- Anteprojetos das Medidas Estruturais
- Avaliação De Quantitativos E Custos Das Obras
- Métodos Construtivos

#### 4. RELATÓRIOS PREVISTOS

A seguir estão relacionados os relatórios das atividades dos estudos previstos que deverão ser entregues no prazo estipulado na contratação. O conteúdo dos relatórios deverá ser compatível com as atividades correspondentes:

- Plano de trabalho;
- Planos e estudos de drenagem urbana caso existam;
- Uso e ocupação do solo atual;
- Mapeamento das áreas de risco geológico e geotécnico cruzado com as áreas inundáveis;
- Caracterização de cobertura vegetal atual e passada;
- Levantamento dos dados pluviométricos e fluviométricos relativos a eventos máximos com discretização temporal mínima horária;
- Linhas d'água de projeto e de eventos máximos observados nos cursos d'água em estudo e nos canais fluviais de que são tributários;
- Dados cadastrais das obras hidráulicas de micro e macro drenagem existentes;

Yuri Pinheiro A. Silva  
Engenheiro Civil  
CREA/RN 160813887-9



**Estado do Ceará**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**

**Secretaria de Infraestrutura**

- Estudos hidrológicos e hidráulicos;
- Pontos de alagamento e de inundação observados em eventos críticos selecionados;
- Modelo hidrológico para simulação de eventos contínuos no tempo, de concepção física que permita simular obras previstas;
- Desenvolvimento do modelo hidráulico e os resultados dos seus ensaios de calibração e verificação.
- Estudos de crescimento populacional e de uso e ocupação do solo;
- Medidas estruturais;
- Medidas não estruturais, compensatórias e mitigadoras.
- Levantamentos complementares de campo e cadastro;
- Métodos construtivos.
- Conclusão dos anteprojetos das medidas estruturais;
- Conclusão da análise benefício-custo;
- Textos do relatório final;
- Textos dos relatórios parciais;
- Planilhas de cálculo;
- Arquivos de entrada e saída dos modelos computacionais de simulação hidrológica e hidráulica de todos os cenários estudados
- Desenhos dos anteprojetos das intervenções propostas no Programa;
- Arquivos do banco de dados georreferenciado: Base cartográfica planialtimétrica cadastral; Limites da bacia e das subbacias; Arruamento e toponímia; Cadastros fornecidos pela PMJN; Cadastros e levantamentos executados pela contratada;
- Projetos de drenagem e manejo de águas pluviais previstos para a bacia;
- Distribuições demográficas correspondentes aos anos das etapas de implantação definidas no Projeto de Drenagem;
- Parques e cobertura vegetal existente e futura;
- Mapeamento das variáveis hidrológicas relativas à transformação chuva-vazão adotadas nas simulações dos cenários estudados;
- Cadastro dos pontos críticos de inundação, incluindo os pontos críticos levantados e/ou conhecidos;
- Mapeamento das áreas de risco geológico;
- Mapeamento das áreas impermeáveis atuais e futuras;
- Localização dos postos de monitoramento hidráulico e hidrológico;
- Reordenamento do uso do solo proposto;

Yuri Ribeiro de Brito  
Engenheiro Civil  
CREA RN 160813897-6



Estado do Ceará  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO DO NORTE**  
Secretaria de Infraestrutura

- Zoneamento de inundações proposto;
- Isoietas das chuvas intensas consideradas nos diversos cenários;
- Mapeamento das áreas de inundação resultantes da modelagem dos diversos cenários, incluindo as áreas de inundação resultantes para as etapas de implantação das obras definidas no Programa;
- Intervenções físicas propostas, por etapa de implantação, com a indicação de suas características principais, incluindo as obras de macro e as medidas compensatórias;
- Outras informações de interesse.

Prefeitura de Juazeiro do Norte, 27 de agosto de 2020.

  
YURI RIBEIRO BRAGA  
ENGENHEIRO CIVIL RESPONSÁVEL  
(CREA/RNP 160813887-9)