



**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS**



PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

PROJETO BRA/06/032

ENQUADRAMENTO PNUD: R.1 P1.17

Carta de Acordo nº 25759/2014 (RC) – SAE – FCMF

Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas

Infraestrutura Urbana

Produto 2 - IU

Responsável: Wilson Cabral de Sousa Junior

Brasília, 17 de dezembro 2014

Sumário

1. Introdução	2
2. Contextualização.....	2
2.1. Municípios em análise	2
2.2. Especificidade do Produto 2	3
3. Sistematização da Base de Dados.....	4
3.1. Modelo digital de terreno.....	7
3.2. Pedologia	7
3.3. Geomorfologia.....	7
3.4. Uso e ocupação do solo	8
3.5. Dados censitários	8
3.6. Sistema de macrodrenagem	8
3.7. Delimitação política e série histórica de precipitação	8
3.8. Série histórica de vazão	8
3.9. Mapeamentos de áreas de risco	9
3.10. Planos diretores	9
3.11. Planos de macrodrenagem.....	9
4. Tratamento e pré-processamento de dados.....	10
4.1. Mapa de declividade	10
4.2. Correção do viés das previsões de precipitação do modelo Eta	10
4.2.1. São Paulo.....	12
4.2.2. Rio de Janeiro.....	16
4.2.3. Fortaleza	20
4.2.4. Salvador.....	22
4.2.5. Recife.....	24
4.3. Séries históricas de vazão para a calibração do modelo hidrológico.....	25
5. Mudanças climáticas e infraestrutura urbana: a questão da drenagem.....	28
6. Diagnóstico das infraestruturas de drenagem urbana: situação atual	30
6.1. São Paulo	30
6.2. Fortaleza	37
7. Identificação de vulnerabilidades no sistema de drenagem urbana: indicadores e pontos críticos	40
7.1. São Paulo	40
7.2. Rio de Janeiro	42
7.3. Fortaleza	42
7.4. Salvador	44

7.5. Recife.....	45
8. Conclusões e considerações finais.....	46
Referências Bibliográficas	48

1. Introdução

O projeto “BRASIL 3 TEMPOS” BRA/06/032, executado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR), tem como objetivo desenvolver estratégias e ações nacionais que subsidiem o governo na formulação e implementação de políticas públicas de longo prazo que promovam o crescimento econômico do país, acompanhado de inclusão social. Essas ações estão sendo realizadas por meio de estudos, produtos e eventos sobre temas de importância para o planejamento estratégico brasileiro, tendo como eixos temáticos: a infraestrutura urbana, a infraestrutura costeira, o setor energético, a disponibilidade hídrica, a agricultura e os transportes cotejados com a dimensão climática.

2. Contextualização

2.1. Municípios em análise

Como apontado no Relatório 1, este estudo envolve algumas bacias críticas, de acordo com o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais 2012-2015. Dentre as localidades constantes neste Plano, foram inicialmente selecionadas as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza, Salvador e Recife, como objeto de prospecção preliminar.

Estas localidades estão sendo analisadas em termos da pré-existência e disponibilidade de dados e informações de interesse do estudo para seu desenvolvimento em consonância com o previsto pelo Termo de Referência que deu origem aos estudos.

O levantamento e coleta de dados e informações, etapa em andamento, não se assenta em um produto somente, mas em todos. Específico a este Produto 2, os dados levantados permitem uma caracterização em maior nível de detalhe da infraestrutura de drenagem urbana para os municípios de São Paulo e Fortaleza, em primeira análise. Para o município de Salvador, embora a base de dados ainda esteja insuficiente, há indicações da existência de boa parte dos dados necessários, os quais estão sendo coletados. Já em relação aos dados e informações referentes aos municípios de Rio de Janeiro e Recife, não há ainda indicações da suficiência para os objetivos do estudo,



motivo pelo qual há que se analisar melhor sua inclusão no escopo final. De todo modo, esta caracterização específica à Fortaleza e São Paulo permitem, no caso da disponibilidade da informação, a réplica do procedimento.

2.2. Especificidade do Produto 2

Para fins de facilitar a avaliação, a partir deste produto, os temas Infraestrutura Urbana e Infraestrutura Costeira serão tratados em relatórios separados. Este relatório apresenta a consolidação de escopo metodológico e o resultado, do levantamento de dados e caracterização das áreas pré-selecionadas que circunscrevem a **infraestrutura urbana**, com foco na drenagem pluvial em grandes cidades, diante de cenários de mudanças climáticas obtidos a partir de dados gerados pelos modelos climáticos regionais contratados pela SAE/PR junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Conforme estabelecido no cronograma de projeto, anseia-se neste produto pela:

“Categorização da carteira atual e futura das infraestruturas de drenagem urbana e o desenvolvimento de um conjunto de indicadores representativos da análise de performance dos sistemas de drenagem urbana.

E, de forma mais específica:

“A elaboração de Relatório técnico descritivo (do panorama atual e futuro) com informação georreferenciada das infraestruturas de drenagem urbana e costeiras e conjunto de indicadores analisados, em conformidade com o Termo de Referência”.

A categorização da carteira atual das infraestruturas de drenagem urbana e infraestruturas costeiras é desenvolvida a partir do mapeamento de uso e ocupação do solo das localidades, se existentes e disponíveis, e das respectivas infraestruturas, objeto de análise deste estudo. Já a carteira futura é constituída a partir das projeções de crescimento associadas aos Planos Diretores dos municípios envolvidos e de Saneamento básico, quando houver.



A sistematização e o tratamento da base de dados necessárias ao estudo, bem como sua caracterização junto aos Municípios de São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza, Salvador e Recife são disponibilizadas no item seguinte (itens 3 e 4). Especificamente à drenagem urbana, em termos de conceitos e relações com as mudanças do clima são apresentados no capítulo 5. O diagnóstico em termos de drenagem atual e futura, bem como equações/indicadores é desenvolvida para os Municípios de São Paulo e Fortaleza no capítulo 6 e no capítulo 7 é tratada a vulnerabilidade em termos de drenagem para todos os municípios previamente definidos neste estudo. No item 8, apresenta-se uma conclusão sobre as informações levantadas, dificuldades encontradas e próximos passos.

3. Sistematização da Base de Dados

De forma a orientar as investigações e resultados finais para prospecção de dados e melhor delineamento metodológico, a busca inicial para formação de base de dados foi concentrada em:

- modelo digital de terreno;
- pedologia;
- uso e ocupação do solo;
- dados por setor censitário;
- ***sistema de macrodrenagem – objeto de avaliação deste produto;***
- mapa político;
- séries históricas de precipitação e vazão;
- indicação de áreas de riscos de alagamento;
- plano diretor;
- planejamento de macrodrenagem;



- zoneamento urbano;
- geotecnia; e
- geologia e geomorfologia.

Ainda que os municípios já estejam pré-selecionados, a escolha definitiva das localidades (bacias hidrográficas) de estudo depende da pré-existência e disponibilidade dos dados necessários, ainda em curso. De todo modo a base já existente permite sinalizar, para este Produto 2, a identificação das infraestruturas, bem como indicadores associados, para os Municípios de Fortaleza e São Paulo, conforme mencionado no item 2 deste relatório. A avaliação da vulnerabilidade, ainda que preliminar, é desenvolvida para todos os municípios previamente definidos.

Oportuno salientar que, nessa etapa, destacam-se os obstáculos para acesso a esses dados, além de imprecisões e inexistência de informações. Uma síntese do levantamento destes dados e informações é apresentada na Tabela 1.

Em seguida são apresentados um juízo de valor a partir da informação levantada para cada um dos municípios previstos. Inicialmente São Paulo, em maior nível de detalhe, e Rio de Janeiro, Fortaleza, Salvador e Recife, em menor grau de detalhamento.



Tabela 1. Situação de levantamento de dados (em fundo vermelho, os dados ainda sem referência).

CIDADE	Modelo digital de terreno	Mapa pedológico	Mapa de uso e ocupação do solo	Mapa Político e Setor censitário	Rede de macrodrenagem urbana	Precipitação (série histórica 1961-2006)	Vazão (série histórica 1961-2006)	Mapas de risco/ Pontos críticos	Plano diretor	Zoneamento Urbano	Plano de macrodrenagem	Mapa geotécnico	Mapa geológico	Mapa geomorfológico
SÃO PAULO/SP	Dado coletado - 30m	Dado coletado	Pendente de envio	Dado coletado	Sem informação	Dado coletado	Dado coletado	Dado coletado	Dado coletado	Dado coletado	Pendente de envio	Sem informação	Pendente de envio	Dado coletado - SÓ PDF
RIO DE JANEIRO/RJ	Dado coletado - 10K 5m	Dado coletado	Dado coletado	Dado coletado	Sem informação	Dado coletado	Sem informação	Pendente de envio	Dado coletado	Dado coletado - SÓ PDF	Sem informação	Dado coletado	Dado coletado	Dado coletado
FORTALEZA/CE	Dado coletado - 90m e pts cotados	Dado coletado - SÓ PDF	Sem informação	Dado coletado	Dado coletado - DWG	Dado coletado	Sem informação	Sem informação	Dado coletado	Dado coletado	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Sem informação
SALVADOR/BA	Dado coletado - 90m	Dado coletado - Estado Bahia	Dado coletado - Estado Bahia	Dado coletado	Sem informação	Dado coletado	Sem informação	Dado coletado	Dado coletado	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Dado coletado - Estado Bahia	Dado coletado - Estado Bahia
RECIFE/PE	Dado coletado - 90m	Sem informação	Sem informação	Dado coletado	Sem informação	Dado coletado	Sem informação	Pendente de envio	Dado coletado	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Sem informação

3.1. Modelo digital de terreno

Para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), os dados de topografia resolução horizontal de 30 metros foram obtidos no sítio eletrônico da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, por meio da Coordenadoria de Planejamento Ambiental.

Já para as cidades de Salvador, Recife e Fortaleza, esses dados estão disponibilizados no sítio eletrônico da EMBRAPA, com resolução horizontal de 90 metros.

Para a região do Rio de Janeiro, pretende-se adotar dados obtidos no sítio eletrônico do IBGE. Nessa região a etapa de prospecção continua.

3.2. Pedologia

Os dados para a RMSP foram obtidos a partir do banco de dados do IAC - Instituto Agrônomo de Campinas - por meio do geoportal DataGEO, do Governo do Estado de São Paulo.

No sítio eletrônico do Comitê de Bacia da Baía de Guanabara, o mapa pedológico está disponibilizado para a cidade do Rio de Janeiro.

Para a cidade de Salvador, o sítio eletrônico do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia disponibiliza os dados de pedologia.

Já para a cidade de Recife, esses dados estão disponibilizados no sítio eletrônico da EMBRAPA.

A cidade de fortaleza apresenta pendência dessa informação.

3.3. Geomorfologia

Esses dados foram obtidos apenas para as cidades do Rio de Janeiro e Salvador, no sítio eletrônico do Comitê de Bacia da Baía de Guanabara e Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia, respectivamente.



3.4. Uso e ocupação do solo

Os dados de uso e ocupação do solo do Estado de São Paulo foram obtidos do sítio eletrônico da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano, do Governo do Estado de São Paulo.

Para a região do Rio de Janeiro, esses dados foram obtidos do sítio eletrônico do Comitê de Bacia da Baía de Guanabara.

Os dados de uso e ocupação de Salvador estão sendo enviados pela Prefeitura Municipal.

As informações de uso e ocupação do solo não estão disponíveis para as cidades de Fortaleza e Recife. Esta informação é fundamental para a modelagem hidrológica.

3.5. Dados censitários

Os dados censitários de todas as regiões em análise, originários do IBGE, foram obtidos por meio do Centro de Estudos da Metrópole, sediado na USP.

3.6. Sistema de macrodrenagem

Em relação aos sistemas de macrodrenagem, foram obtidos dados do município de Fortaleza. Para os demais, não há ainda nenhuma referência.

3.7. Delimitação política e série histórica de precipitação

Para essas regiões de estudo, a delimitação política foi obtida do sítio eletrônico da ANA, por meio do banco de dados do Sistema de Informações Hidrológicas. As séries históricas de precipitação diária foram obtidas do mesmo banco de dados da ANA. Uma descrição mais completa desses dados está apresentada na seção referente à correção de viés dos dados do modelo Eta.

3.8. Série histórica de vazão

Somente foram encontradas séries históricas de vazão para 10 pontos na cidade de São Paulo. Os dados foram obtidos do sítio eletrônico da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, por meio do banco de dados do Sistema de



Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos (SigRH). Uma descrição mais completa desses dados está apresentada na seção referente à calibração do modelo hidrológico.

Para os demais municípios, ainda não há referência às séries históricas de vazão.

3.9. Mapeamentos de áreas de risco

A indicação de áreas de risco de alagamento, adotadas de forma preliminar para a RMSP, foram obtidas do estudo de "Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas - Região Metropolitana de São Paulo" (2011), desenvolvido em parceria da UNICAMP com o INPE.

Como a definição das áreas de risco é informação de fundamental importância para esse estudo, as informações das demais regiões estão sendo prospectadas junto aos órgãos de Defesa Civil destas localidades.

3.10. Planos diretores

Os planos diretores foram obtidos nos sítios eletrônicos das respectivas cidades. Já os dados de zoneamento urbano só estão disponíveis para alguns municípios da RMSP, incluindo São Paulo.

3.11. Planos de macrodrenagem

O município de São Paulo, que possui um Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais e o Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê - na RMSP, cujas informações foram obtidas no sítio eletrônico do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, referente à bacia hidrográfica do Alto Tietê.

Já os municípios de Fortaleza e Salvador possuem Plano Municipal de Saneamento Básico, fornecido pelas respectivas Prefeituras.



4. Tratamento e pré-processamento de dados

Apresentam-se nos subitens seguintes os mapas temáticos e a estrutura conceitual que permitem organizar, processar, modelar e analisar os dados em termos de declividade, correção de viés de precipitação e modelagem hidrológica.

4.1. Mapa de declividade

A partir do modelo digital de elevação serão gerados mapas de declividades dos municípios em estudo: Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Fortaleza e São Paulo.

Na opção Elevação/Declividade com a saída dos valores em porcentagem, é necessário definir os intervalos de relevo a serem utilizados no fatiamento e nas classes temáticas.

Essas classes de relevo qualificam condições de declividade, e serão geradas conforme sugerido por Embrapa (2006) e apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Fatiamento de classes de declividade de acordo com Embrapa (2006)

Classificação	Declividades
plano	variáveis de 0 a 3%.
suave ondulado	predominantemente variáveis de 3 a 8%.
ondulado	predominantemente variáveis de 8 a 20%.
forte ondulado	predominantemente variáveis de 20 a 45%.
montanhoso	predominantemente variáveis de 45 a 75%.
escarpado	usualmente ultrapassando 75%

Essa classificação torna-se importante na identificação das áreas de risco, pois áreas mais planas e baixas são mais susceptíveis a alagamentos.

4.2. Correção do viés das previsões de precipitação do modelo Eta

Os dados de precipitação diária e temperatura do ar foram disponibilizados pelo CPTEC/INPE. Esses dados são resultados do modelo regional Eta com resolução de 20 km, executado a partir de dois modelos globais, o MIROC5 e o HADGEM2-ES. O modelo

foi executado para o período passado, que foi denominado *historical*, que vai de janeiro de 1961 a dezembro de 2005, e para dois cenários futuros: RCP 4.5 e RCP 8.5. Os cenários futuros foram subdivididos em três períodos: 2007 a 2040, 2041 a 2070 e 2070 a 2099. O fluxograma dos dados oriundos do INPE pode ser visualizado na Figura 1.

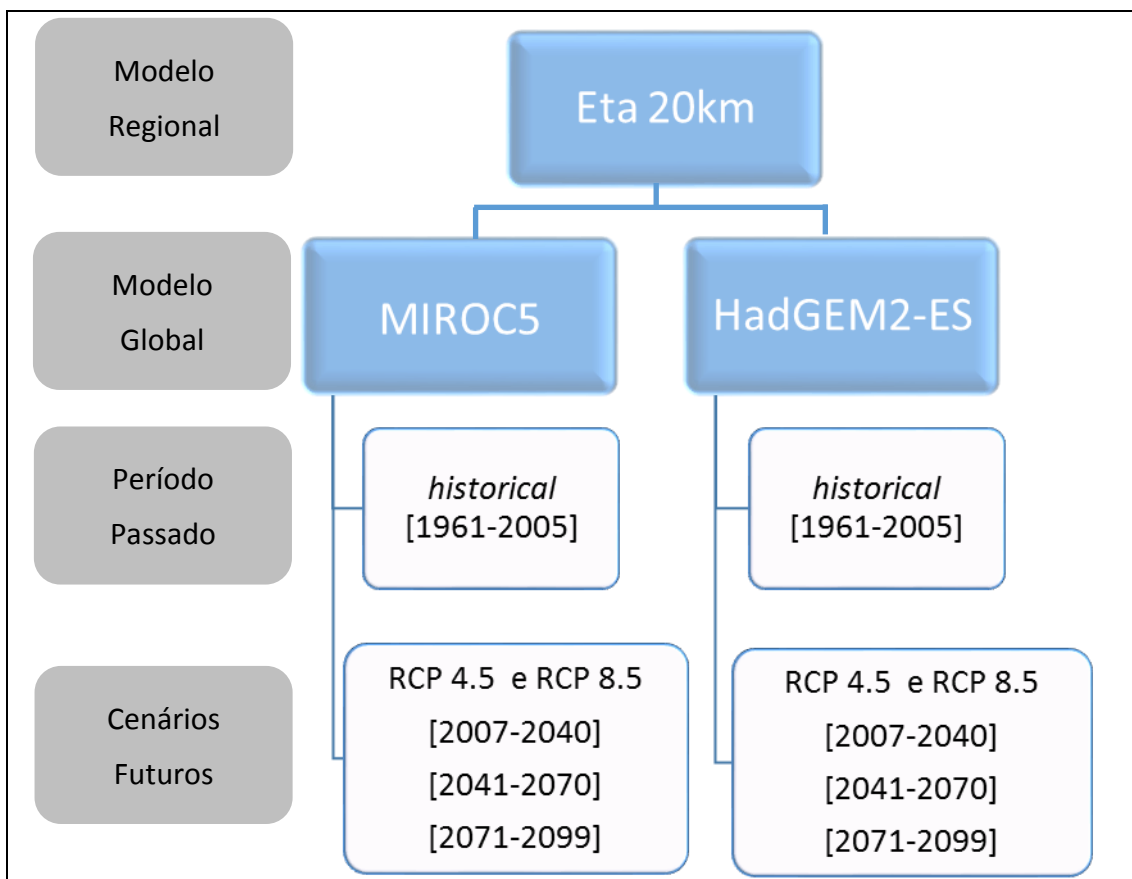


Figura 1 - Dados do modelo Eta (CPTEC/INPE)

De acordo com a metodologia apresentada no Produto 1 - *Infraestruturas Urbana e Costeira*, são necessários dados observados de precipitação para realizar a correção do viés de precipitação, apresentado nas previsões de modelos atmosféricos.

As séries históricas de precipitação foram encontradas em sua grande maioria no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas, por meio do banco de dados do Sistema de Informações Hidrológicas.

A seguir são apresentados os dados de precipitação encontrados para cada uma das cinco localidades objetos deste estudo.

4.2.1. São Paulo

Os dados históricos de precipitação diária encontrados para a cidade de São Paulo estão descritos na Tabela 3. Esta tabela apresenta a localização das estações, altitude, período de dados e a operadora responsável. Algumas estações possuem mais de uma identificação como, por exemplo, as estações 20/37, 49/52, 61/50, 28/60 e 36/63, de acordo com o banco de dados da ANA.

Tabela 3. Estações pluviométricas encontradas para o município de São Paulo.
(Estações marcadas com a mesma cor possuem a mesma localização)

Ord	Identificação Estação				Período Medição		Operadora
	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
1	SP (MIRANTE	-23 30	-46 37	79	01/01/196	01/06/201	INMET
2	OBSERVATÓRI O DO IAG	-23 39 00	-46 38 00	78 0	01/01/193 3	01/09/200 4	DAEE-SP
3	SANTANA	-23 30 00	-46 37 00	76 0	01/08/193 6	01/08/200 4	DAEE-SP
4	ERMELINDO MATARAZZO	-23 28 51	-46 28 16	73 0	01/01/196 3	01/04/201 4	CONSTRUFAM
5	CONGONHAS (AEROPORTO)	-23 38 00	-46 39 00	80 0	01/04/194 0	01/10/200 3	DAEE-SP
6	HORTO FLORESTAL	-23 28 00	-46 38 00	79 0	01/01/189 9	01/10/200 3	DAEE-SP
7	LUZ (ESTAÇÃO)	-23 32 00	-46 38 00	73 0	01/01/188 8	01/09/200 4	DAEE-SP
8	SANTO AMARO	-23 39 00	-46 42 00	76 4	01/08/193 6	01/12/200 2	DAEE-SP
9	ÁGUA BRANCA	-23 31 00	-46 41 00	73 0	01/08/193 6	01/09/200 4	DAEE-SP
10	NOSSA SENHORA DO Ó	-23 28 00	-46 43 00	79 0	01/01/193 7	01/09/200 4	DAEE-SP
11	EVANGELISTA DE SOUZA 2	-23 31 00	-46 44 00	72 0	01/08/193 9	01/01/200 3	DAEE-SP
12	LAPA	-23 31 00	-46 44 00	72 0	01/04/195 4	01/12/200 0	DAEE-SP
13	INSTITUTO BIOLÓGICO	-23 35 00	-46 39 00	76 0	01/01/194 3	01/10/200 3	DAEE-SP
14	BARROCADA	-23 25	-46 34	76	01/11/194	01/06/199	DAEE-SP

Identificação Estação					Período Medição		Operadora
Ord	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
		00	00	0	0	8	
15	ENGORDADOR	-23 24 00	-46 35 00	80 0	01/10/194 0	01/07/199 7	DAEE-SP
16	PERUS	-23 24 00	-46 45 00	84 0	01/10/193 6	01/09/199 7	DAEE-SP
17	MOOCA - COMGAS	-23 34 00	-46 37 00	73 0	01/11/197 2	01/10/199 9	DAEE-SP
18	PARELHEIROS	-23 50 00	-46 44 00	78 0	01/09/197 2	01/09/200 4	DAEE-SP
19	PONTE PEQUENA	-23 31 00	-46 39 00	72 0	01/03/194 3	01/01/199 3	DAEE-SP
20	CTH - CIDADE UNIVERSITÁRI A	-23 34 00	-46 44 00	76 0	01/11/195 5	01/09/200 4	DAEE-SP
21	EMBURA 2	-23 53 00	-46 45 00	78 0	01/06/197 9	01/09/200 4	DAEE-SP
22	PARAÍSO	-23 34 00	-46 39 00	80 0	01/09/197 8	01/09/200 4	DAEE-SP
23	PEDREIRA	-23 42 00	-46 40 00	75 2	01/03/192 5	01/06/198 6	EMAE
24	CÓRREGO PRETO - BARRAGEM	-23 52 00	-46 39 00	75 0	01/10/192 7	01/06/198 6	EMAE
25	BARRAGEM GUARAPIR. MONT.	-23 40 00	-46 43 00	73 9	01/01/192 2	01/06/198 6	EMAE
26	EL TRAIÇÃO SUL	-23 36 00	-46 42 00	72 3	01/01/193 9	01/06/198 6	EMAE
27	PACHECO CHAVES	-23 33 00	-46 38 00	-	01/05/196 2	01/06/198 6	EMAE
28	CAMBUCÍ	-23 33 00	-46 38 00	72 6	01/07/194 3	01/06/198 6	EMAE
29	EMBURA	-23 53 00	-46 44 00	76 0	01/12/192 4	01/06/198 6	EMAE
30	JARDIM CENTENÁRIO	-23 35 00	-46 30 00	75 0	01/01/197 3	01/02/199 6	DAEE-SP
31	BORORE	-23 46 00	-46 39 00	74 7	01/07/193 7	01/06/198 6	EMAE
32	ETT - PIRITUBA	-23 30 00	-46 43 00	-	01/07/193 7	01/06/198 6	EMAE
33	ITAQUERA	-23 34 00	-46 26 00	80 0	01/05/197 2	01/01/199 4	DAEE-SP
34	USINA RIO	-23 58	-46 40	68	01/08/193	01/05/198	DAEE-SP

Identificação Estação					Período Medição		Operadora
Ord	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
	DOS CAMPOS	00	00	0	9	3	
35	CUMBICA	-23 29 00	-46 28 00	-	01/10/194 6	01/06/198 6	EMAE
36	PINHEIROS	-23 35 00	-46 43 00	-	01/07/193 7	01/09/198 5	EMAE
37	CIDADE UNIVERSITÁRIA	-23 34 00	-46 44 00	79 0	01/07/197 3	01/02/199 3	DAEE-SP
38	LIMÃO	-23 31 00	-46 40 00	-	01/12/196 6	01/12/200 0	EMAE
39	ARICANDUVA FOZ	-23 31 00	-46 33 00	-	01/12/196 6	01/06/198 6	EMAE
40	EVANGELISTA DE SOUZA	-23 56 00	-46 39 00	-	01/07/194 8	01/06/198 6	EMAE
41	SÃO PAULO (HORTO CANTAR.)	-23 27 00	-46 39 00	75 1	01/01/196 1	01/07/198 2	INMET
42	GUARAU	-23 26 00	-46 39 00	82 8	01/01/198 5	01/09/200 4	DAEE-SP
43	VILA EMA	-23 36 00	-46 32 00	-	01/10/197 2	01/06/198 6	EMAE
44	JARDIM RODOLFO PIRANI	-23 38 00	-46 27 00	-	01/10/197 2	01/06/198 6	EMAE
45	ALTO DA MOOCA	-23 34 00	-46 35 00	-	01/10/197 2	01/06/198 6	EMAE
46	RETIRO NORTE	-23 32 00	-46 45 00	72 0	01/07/197 3	01/06/198 6	EMAE
47	RIBEIRÃO	-23 36 00	-46 28 00	-	01/07/193 7	01/12/198 3	EMAE
48	VILA CARRÃO	-23 33 00	-46 31 00	74 0	01/06/198 1	01/02/199 1	ANA
49	ITAGUAÇU (SABESP)	-23 27 00	-46 37 00	-	01/01/194 1	01/01/197 1	DAEE-SP
50	VILA NAIR	-23 37 00	-46 37 00	-	01/10/197 2	01/09/198 3	EMAE
51	PIRAJUCARA	-23 39 00	-46 47 00	77 0	01/06/198 1	01/12/199 0	ANA
52	CANTAREIRA (SABESP)	-23 27 00	-46 37 00	84 0	01/10/194 0	01/01/196 9	DAEE-SP
53	SÃO MIGUEL PAULISTA	-23 29 00	-46 26 00	75 0	01/04/193 7	01/01/196 9	DAEE-SP
54	CASA GRANDE	-23 47	-46 43	-	01/07/197	01/06/198	EMAE

Identificação Estação					Período Medição		Operadora
Ord	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
		00	00		9	6	
55	BELA VISTA	-23 34 00	-46 39 00	-	01/07/197 9	01/06/198 6	EMAE
56	SÃO PAULO (ÁGUA BRANCA)	-23 32 00	-46 38 00	80 3	01/01/196 1	01/01/196 8	DEPV
57	GUARAU (SABESP)	-23 28 00	-46 40 00	84 0	01/10/194 0	01/01/196 7	DAEE-SP
58	SÃO PAULO (FAC. HIGIENE)	-23 34 00	-46 38 00	81 6	01/01/196 1	01/05/196 5	INMET
59	VILA DEODORO	-23 25 00	-46 36 00	78 9	01/01/196 1	01/04/196 5	INMET
60	SÃO PAULO (SANTO AMARO)	-23 33 00	-46 38 00	74 6	01/01/196 1	01/04/196 5	INMET
61	ETD - GUMERCINDO	-23 37 00	-46 37 00	-	01/10/198 3	01/06/198 6	EMAE
62	ETT - TERMINAL LESTE	-23 35 00	-46 28 00	-	01/01/198 4	01/06/198 6	EMAE
63	ETD - PINHEIROS	-23 35 00	-46 43 00	-	01/09/198 5	01/12/198 6	EMAE
64	FAZENDA CAPIVARI	-23 56 00	-46 41 00	80 0	01/09/193 6	01/01/196 2	DAEE-SP
65	SÃO PAULO (EST. DA LUZ)	-23 32 00	-46 38 00	-	01/01/194 3	01/06/196 1	EMAE

A localização de cada uma das estações pluviométricas, bem como os pontos de grade do modelo Eta, podem ser visualizadas na Figura 2. A próxima etapa envolverá a seleção das estações que serão utilizadas para a correção do viés, em função da qualidade dos dados e dos períodos de medição.

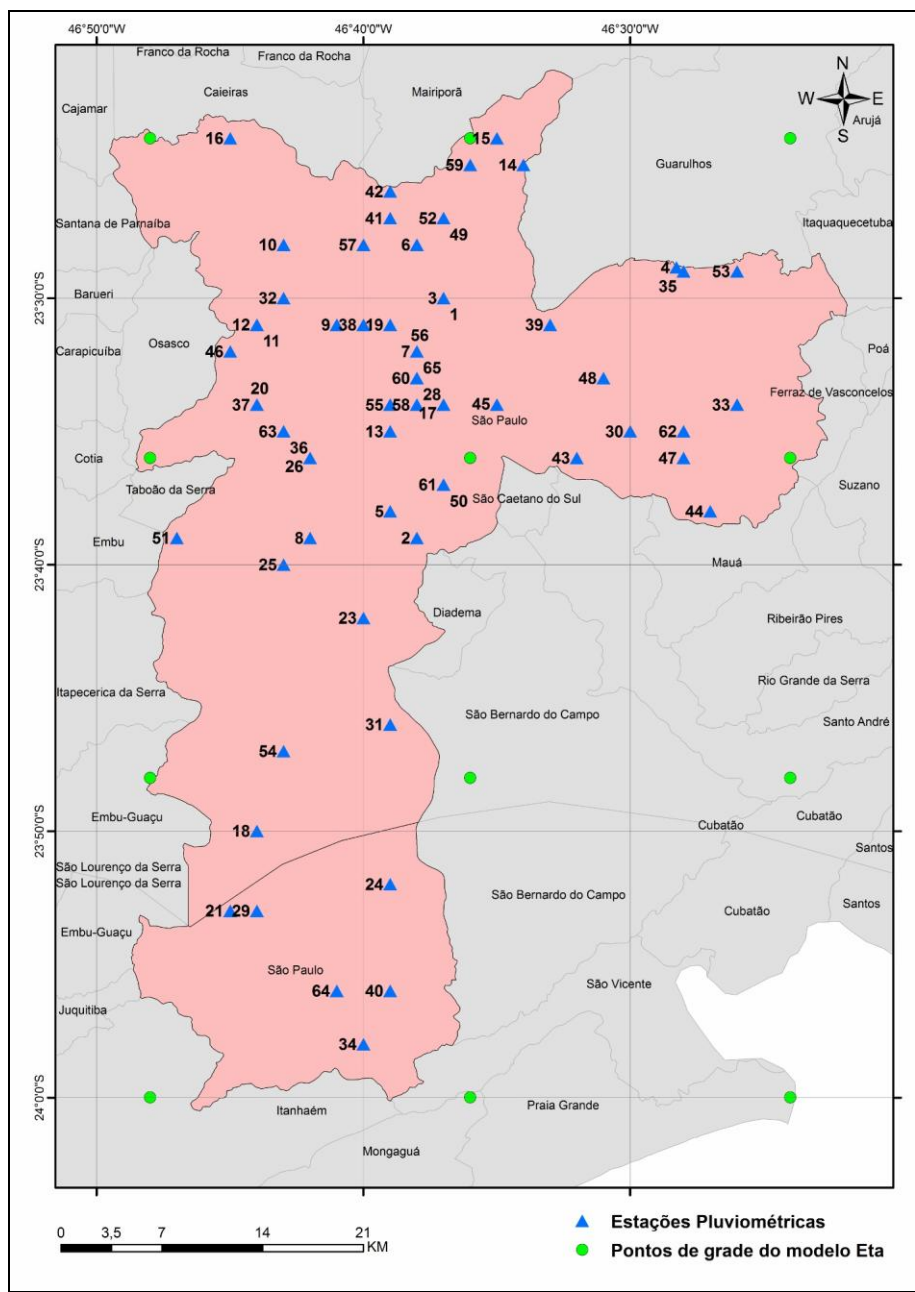


Figura 2 - Localização das estações pluviométricas encontradas para a cidade de São Paulo e dos pontos de grade do modelo Eta.

4.2.2. Rio de Janeiro

Os dados históricos de precipitação diária encontrados para a cidade do Rio de Janeiro estão descritos na Tabela 4. Esta tabela apresenta a localização das estações, altitude, período de dados e a operadora responsável. As estações identificadas como 30 e 42 possuem a mesma localização, de acordo com o banco de dados da ANA. As estações 32 e 5, bem como 38 e 45, possuem localizações muito próximas.

Tabela 4. Estações pluviométricas encontradas para o município do Rio de Janeiro.
(Estações marcadas com a mesma cor possuem a mesma localização)

Ord	Identificação Estação				Período Medição		Operadora
	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
1	RIO DE JANEIRO	-22 54	-43 10 00	5	01/01/1961	01/06/2014	INMET
2	ALTO DA BOA VISTA	-22 57 00	-43 16 00	347	01/06/1966	01/08/2012	INMET
3	VIA 11 - 9DR	-23 00 00	-43 21 59	10	01/07/1970	01/12/1994	INEA
4	BANGU 2	-22 52 00	-43 27 00	40	01/01/1961	01/12/1998	INMET
5	REALENGO - 4DR	-22 51 57	-43 25 33	30	01/01/1965	01/01/1995	INEA
6	IRAJÁ - 3DR	-22 49 50	-43 19 46	6	01/01/1965	01/12/1994	INEA
7	CAMPO GRANDE - 7DR	-22 55 04	-43 32 41	18	01/01/1965	01/01/1995	INEA
8	SABOIA LIMA	-22 56 10	-43 14 04	100	01/03/1967	01/12/1994	INEA
9	ELETROBRÁS	-22 55 18	-43 25 12	40	01/01/1969	01/12/1994	INEA
10	BENFICA - CCPL	-22 53 17	-43 14 56	2	01/07/1969	01/12/1994	INEA
11	MENDANHA - 6DR	-22 51 45	-43 32 36	10	01/07/1970	01/12/1994	INEA
12	FREI CANECA (ETD)	-22 54 52	-43 11 51	20	01/07/1967	01/08/1991	LIGHT
13	MARAMBAIA 2	-23 03 15	-43 34 37	5	01/04/1965	01/05/1981	INEA
14	LAB. DE ENERGIA NUCLEAR	-22 59 56	-43 24 54	8	01/02/1975	01/01/1994	INEA
15	CAPELA MAYRINK	-22 57 28	-43 16 40	460	01/04/1976	01/01/1995	INEA
16	LOBO JUNIOR - 2DR	-22 49 36	-43 16 23	10	01/01/1965	01/05/1981	INEA
17	SANTA CRUZ - 8DR	-22 55 11	-43 41 18	10	01/01/1965	01/05/1981	INEA
18	PARADA DE LUCAS - DTN	-22 48 52	-43 17 27	10	01/10/1964	01/05/1981	INEA
19	ILHA DO GOVERNADOR	-22 49 02	-43 13 30	5	01/12/1965	01/05/1981	INEA
20	COPEBA	-22 53 00	-43 24 00	40	01/01/1970	01/03/1985	INEA
21	LEOPOLDO	-22 55 51	-43 14 21	40	01/03/1967	01/05/1981	INEA

Identificação Estação					Período Medição		Operadora
Ord	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
22	HORTO FLORESTAL - RIO	-22 58 02	-43 14 14	40	01/03/1967	01/05/1981	INEA
23	CHÁCARA DO CABEÇA	-22 57 36	-43 13 18	40	01/10/1967	01/05/1981	INEA
24	PARQUE DA CIDADE	-22 58 40	-43 14 23	150	01/10/1967	01/05/1981	INEA
25	PRAÇA ROCCO	-22 55 27	-43 16 05	80	01/01/1968	01/10/1980	INEA
26	MORRO DO ENCONTRO	-22 56 00	-43 16 00	190	01/09/1967	01/12/1973	INEA
27	FLORIANÓPOLIS	-22 54 05	-43 21 13	20	01/01/1969	01/05/1981	INEA
28	CAFUNDA	-22 54 29	-43 22 49	20	01/02/1969	01/05/1981	INEA
29	JACAREPAGUÁ	-22 59 00	-43 22 00	3	01/01/1961	01/12/1976	INMET
30	SANTA CRUZ	-22 55 00	-43 11 00	180	01/10/1963	01/12/1998	INMET
31	RESIDÊNCIA DE VIGÁRIO GERAL	-22 48 00	-43 18 00	-	01/01/1967	01/07/1978	DNOS
32	PENHA	-22 52 00	-43 26 00	20	01/01/1961	01/07/1976	INMET
33	MARAMBAIA	-23 03 00	-43 36 00	10	01/01/1986	01/09/1998	INMET
34	FUNABEM	-22 53 34	43 19 27	40	01/01/1970	01/05/1981	INEA
35	ELEVATÓRIA DO LEBLON	-23 00 00	-43 13 39	10	01/06/1970	01/05/1981	INEA
36	ELEVATÓRIA DE BOTAFOGO	-22 57 00	-43 11 00	3	01/01/1965	01/12/1975	INEA
37	CAIÇARAS	-22 58 45	-43 12 42	10	01/03/1928	01/05/1981	INEA
38	JARDIM BOTÂNICO	-22 58 00	-43 13 00	5	01/01/1961	01/12/1998	INMET
39	MUCUÍBA	-22 57 53	-43 29 26	30	01/05/1959	01/05/1981	INEA
40	CAMORIM	-22 57 39	-43 26 30	420	01/06/1972	01/05/1981	INEA
41	BATALHA	-22 55 51	-43 30 30	210	01/06/1972	01/05/1981	INEA
42	SANTA TERESA	-22 55 00	-43 11 00	180	01/01/1961	01/12/1970	INMET
43	LARANJEIRAS	-22 55 00	-43 13 00	16	01/01/1961	01/08/1969	INMET

Identificação Estação					Período Medição		Operadora
Ord	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
44	PRAÇA BARÃO DE CORUMBA	-22 54 00	-43 12 00	-	01/01/1961	01/07/1969	INMET
45	LAG. RODRIGO DE FREITAS	-22 58 05	-43 13 02	-	01/11/1985	01/05/1994	INEA
46	COLÉGIO REGINA COELI	-22 57 00	-43 15 00	35	01/10/1967	01/07/1976	INEA
47	CAJÚ	-22 52 00	-43 13 00	4	01/11/1987	01/01/1995	INEA
48	CIDADE UNIVERSITÁRIA	-22 51 00	-43 13 00	2	01/09/1970	01/12/1976	INEA
49	SÃO JERÔNIMO	-22 49 09	-43 20 39	7	01/01/1970	01/05/1976	INEA
50	AUTODROMO DO RIO	-22 58 00	-43 24 00	9	01/04/1969	01/07/1974	INEA
51	ARPOADOR	-22 59 00	-43 12 00	-	01/05/1963	01/07/1968	INEA
52	MORRO DA CONCEIÇÃO	-22 54 00	-43 11 00	50	01/01/1961	01/12/1966	INMET
53	JD. AMÉRICA (GR. ESCOTEIROS)	-22 48 00	-43 19 00	2	01/01/1975	01/06/1978	INMET
54	GUARATIBA - FAZ. MODELO	-23 05 00	-43 34 00	15	01/02/1961	01/09/1964	INMET
55	CIDADE DE DEUS	-22 56 30	-43 21 04	5	01/01/1969	01/12/1976	INEA
56	ENGENHO DE DENTRO	-22 54 00	-43 18 00	37	01/01/1961	01/07/1976	INMET
57	REALENGO	-22 52 00	-43 26 00	20	01/01/1975	01/10/1976	INMET
58	PÃO DE AÇÚCAR	-22 58 00	-43 15 00	400	01/01/1961	01/06/1962	INMET
59	ELEVATÓRIA DE COPACABANA	-22 58 59	-43 11 35	10	01/03/1961	01/05/1981	INEA
60	ARSENAL DE MARINHA	-22 54 00	-43 10 00	-	01/01/1928	01/12/1961	INEA

A localização de cada uma das estações pluviométricas, bem como os pontos de grade do modelo Eta, podem ser visualizados na Figura 3. A próxima etapa metodológica envolverá a seleção das estações que serão utilizadas para a correção do viés, em função da qualidade dos dados e dos períodos de medição.

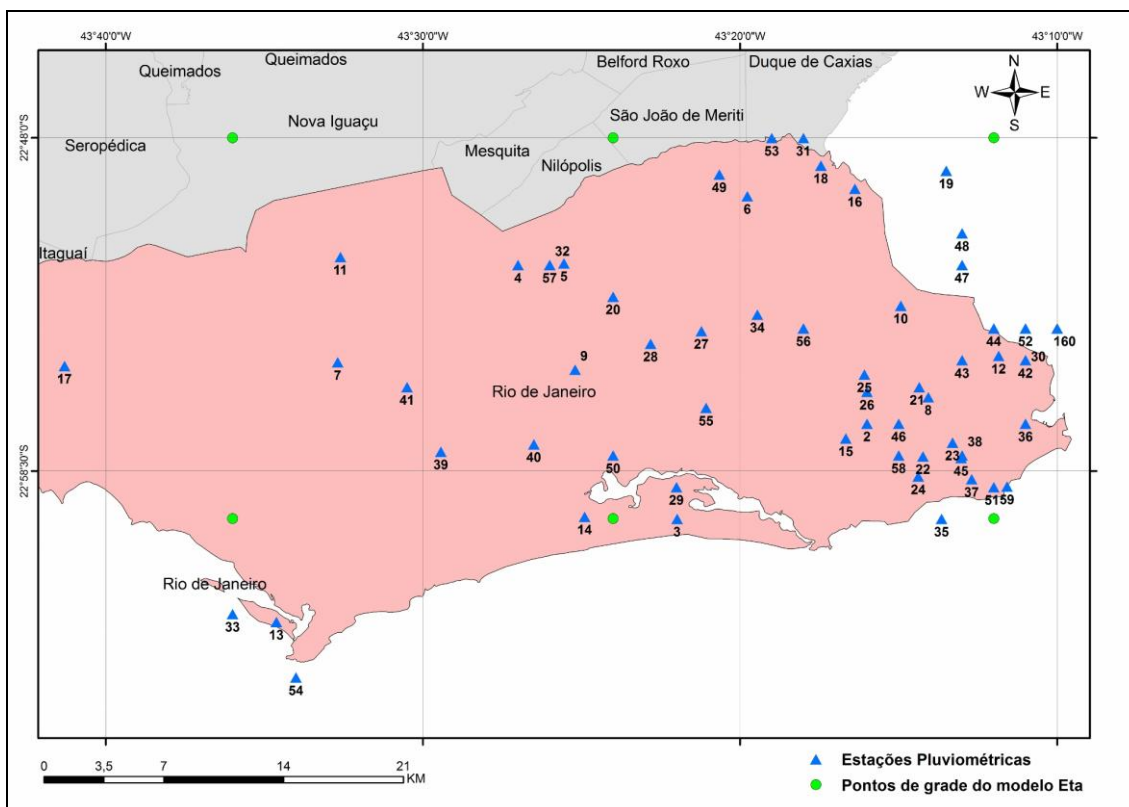


Figura 3 - Localização das estações pluviométricas encontradas para o município do Rio de Janeiro e dos pontos de grade do modelo Eta.

4.2.3. Fortaleza

Os dados históricos de precipitação diária encontrados para a cidade de Fortaleza estão descritos na Tabela 5. Esta tabela apresenta a localização das estações, altitude, período de dados e a operadora responsável. As estações identificadas como 2 e 8 possuem a mesma localização, de acordo com banco de dados da ANA.

Tabela 5. Estações pluviométricas encontradas para o município de Fortaleza. (Estações marcadas com a mesma cor possuem a mesma localização)

Ord	Identificação Estação				Período Medição		Operadora
	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
1	PICI	-03 45 00	-38 35	26	01/04/19	01/08/20	FUNCE
2	FORTALEZA	-03 46 00	-38 36 00	41	01/01/19 12	01/06/20 14	INMET
3	FUNCEME	-03 44 00	-38 34 00	-	01/01/19 74	01/08/20 08	FUNCEME
4	MONDUBIM	-03 48 59	-38 34 45	30	01/11/19 61	01/04/20 09	FUNCEME
5	FORTALEZA CENTRO	-03 44 00	-38 33	25	01/04/19	01/12/19	SUDENE

Identificação Estação					Período Medição		Operadora
Ord	Nome	Latitude	Longitude	Alt	Início	Fim	
			00		19	85	
6	CASTELÃO	-03 49 00	-38 32 00	-	01/02/1988	01/08/2004	FUNCEME
7	MESSEJANA	-03 50 00	-38 28 00	-	01/01/1986	01/06/2014	FUNCEME
8	FORTALEZA	-03 46 00	-38 36 00	41	01/01/1949	01/12/1978	FUNCEME
9	F.MA.NILVA(ÁGUA FRIA)	-03 47 00	-38 28 00	-	01/06/1998	01/08/2014	FUNCEME
10	AEROPORTO (FORTALEZA)	-03 46 00	-38 31 00	26	01/01/1912	01/12/2008	FUNCEME
11	PARQUE ECOL. DO COCO	-03 44 00	-38 29 00	-	01/08/1995	01/12/2008	FUNCEME

A localização de cada uma das estações pluviométricas, bem como os pontos de grade do modelo Eta, podem ser visualizados na Figura 4.

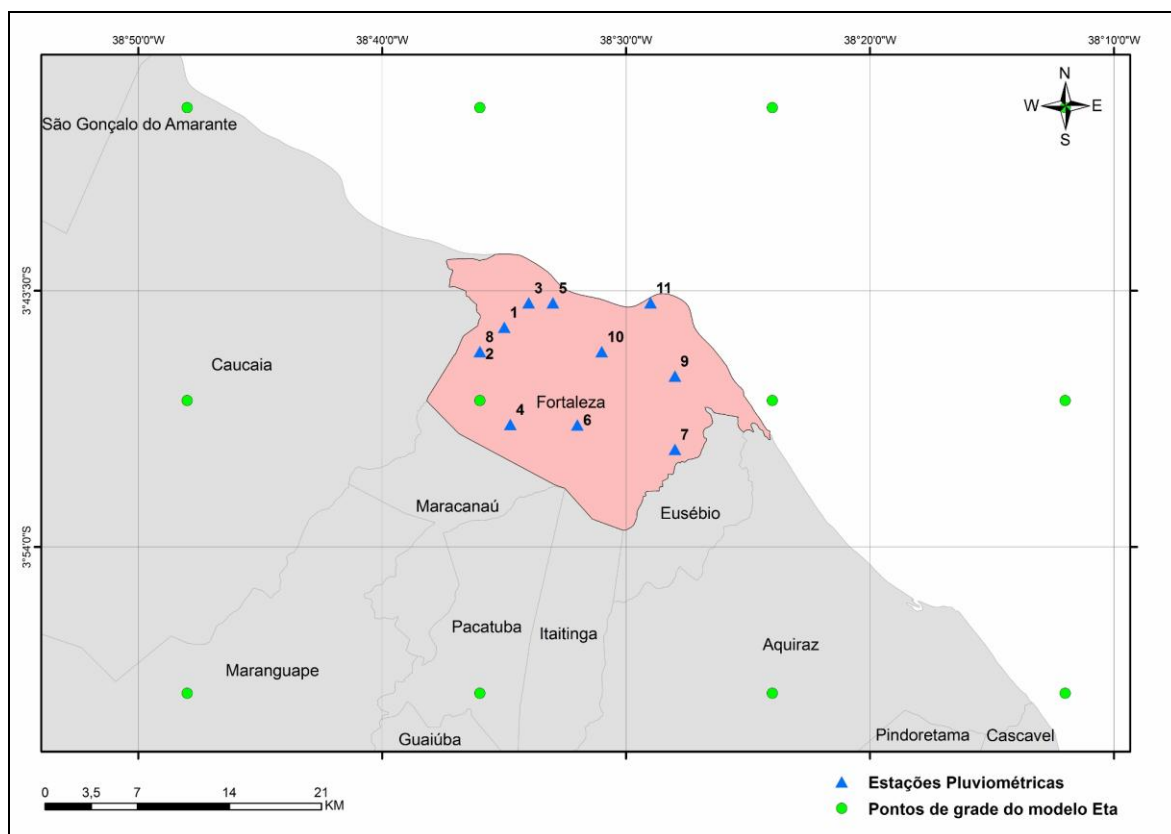


Figura 4 - Localização das estações pluviométricas encontradas para o município de Fortaleza e dos pontos de grade do modelo Eta.

[Assinatura]

A próxima etapa metodológica envolverá a seleção das estações que serão utilizadas para a correção do viés, em função da qualidade dos dados e dos períodos de medição.

4.2.4. Salvador

Os dados históricos de precipitação diária encontrados para a cidade de Salvador estão descritos na Tabela 6. Esta tabela apresenta a localização das estações, altitude, período de dados e a operadora responsável. Embora tenhamos identificado 15 estações para a cidade de Salvador, a estação 14 encontra-se fora do município e outras possuem a mesma localização, de acordo com o banco de dados da ANA. Excluídas as redundâncias e a estação 14, permanecem para o estudo um total de 10 estações, mesmo número encontrado para Fortaleza.

Tabela 6. Estações pluviométricas encontradas para o município de Salvador.
(Estações marcadas com a mesma cor possuem a mesma localização)

Ord	Identificação Estação				Periodo Medição		Operador
	Nome	Lat	Long	Alt	Início	Fim	
1	SALVADOR - ONDINA2	-13 01 00	-38 31 00	51	01/08/196 3	01/06/201 4	INMET
2	SALVADOR	-13 01 00	-38 31 00	10	01/01/191 1	01/12/198 5	SUDENE
3	AÇUDE COBRE (SAE)	-12 53 00	-38 27 00	15	01/09/194 9	01/12/197 1	ANA
4	PITUAÇU	-12 56 00	-38 30 00	20	01/07/194 9	01/11/197 1	RFFSA
5	COBRE	-12 53 00	-38 27 00	15	01/09/194 9	01/12/197 1	SUDENE
6	SALVADOR (2 DE JULHO)	-12 54 41	-38 20 01	18	01/07/194 7	01/12/196 5	DEPV
7	BALANÇA DE PARIPE	-12 51 00	-38 27 00	-	01/07/196 5	01/12/197 0	CIA
8	SALVADOR - PITANGUEIRAS	-13 01 00	-38 31 00	66	01/03/196 1	01/03/196 5	INMET
9	PITANGUEIRAS	-12 58 00	-38 30 00	67	01/01/194 2	01/12/196 3	ANA
10	SALVADOR (ONDINA)	-13 01 00	-38 29 00	-	01/01/194 3	01/12/196 4	DNOCS
11	SALVADOR (ITAPAGIPE)	-12 57 00	-38 29 00	8	01/01/196 1	01/02/196 3	INMET
12	SALV. (AREIAL DE CIMA)	-12 55 00	-38 30 00	10	01/01/194 4	01/06/196 3	ANA

Identificação Estação					Periodo Medição		
Ord	Nome	Lat	Long	Alt	Início	Fim	Operador
13	AREIAL DE CIMA	-12 56 00	-38 30 00	30	01/01/194 4	01/06/196 3	SUDENE
14	QUERENTE (HORTO) (VFFLB)	-12 43 00	-38 34 00	-	01/01/196 1	01/06/196 2	RFFSA
15	SALV. (PÇA CASTRO ALVES)	-13 01 00	-38 29 00	8	01/10/193 8	01/11/198 3	INMET

A localização de cada uma das estações pluviométricas, bem como os pontos de grade do modelo Eta, podem ser visualizados na Figura 5. A próxima etapa metodológica envolverá a seleção das estações que serão utilizadas para a correção do viés, em função da qualidade dos dados e dos períodos de medição.

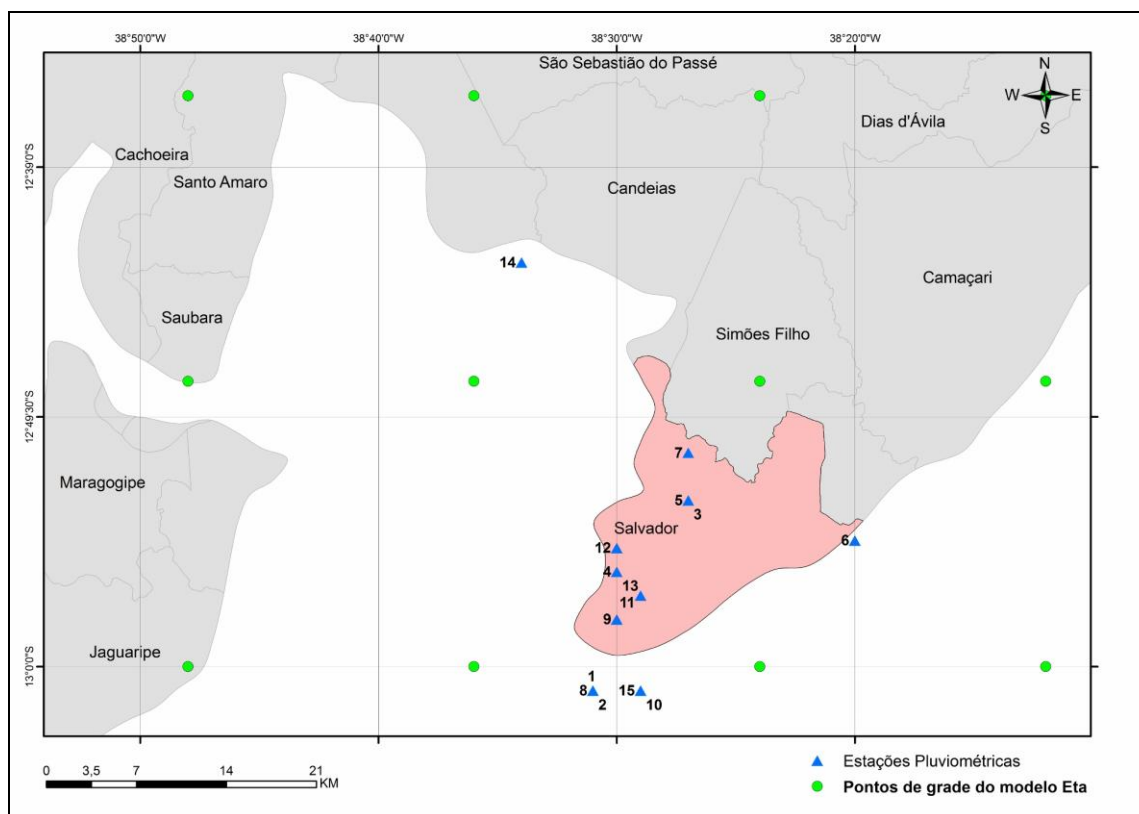


Figura 5 - Localização das estações pluviométricas encontradas para o município de Salvador e dos pontos de grade do modelo Eta.

[Assinatura]

4.2.5. Recife

Os dados históricos de precipitação diária encontrados para a cidade de Recife estão descritos na Tabela 7. Esta tabela apresenta a localização das estações, altitude, período de dados e a operadora responsável. Pela tabela, observa-se que as estações 1 e 2 apresentam a mesma localização, bem como as estações 4 e 5, de acordo com o banco de dados da ANA. Excluindo as redundâncias, tem-se apenas 5 pontos com séries históricas de medidas de precipitação.

Tabela 7. Estações pluviométricas encontradas para o município de Recife.
(Estações marcadas com a mesma cor possuem a mesma localização)

Identificação Estação					Periodo Medição		Operadora
Ord	Nome	Lat	Long	Alt	Início	Fim	
1	RECIFE (CURADO)2	-08 03 00	-34 55 00	10	01/03/196 1	01/12/200 6	INMET
2	RECIFE (CURADO)	-08 03 00	-34 55 00	5	01/07/196 7	01/12/198 5	SUDENE
3	RECIFE (CAXANGA)	-08 02 00	-34 53 00	4	01/02/191 1	01/08/197 0	DNOCS
4	RECIFE (IBURA)	-08 07 00	-34 56 00	10	01/06/196 8	01/05/197 4	SUDENE
5	RECIFE (IBURA)2	-08 07 00	-34 56 00	11	01/06/196 8	01/05/197 4	SUDENE
6	RECIFE (CODECIPE)	-08 05 00	-34 56 00	-	01/01/198 7	01/11/198 8	ANA
7	RECIFE / AFOGADOS	-08 04 46	-34 54 13	349	01/05/200 0	01/06/201 4	CPRM

A localização de cada uma das estações pluviométricas, bem como os pontos de grade do modelo Eta, podem ser visualizados na Figura 6. A próxima etapa metodológica envolverá a seleção das estações que serão utilizadas para a correção do viés, em função da qualidade dos dados e dos períodos de medição.

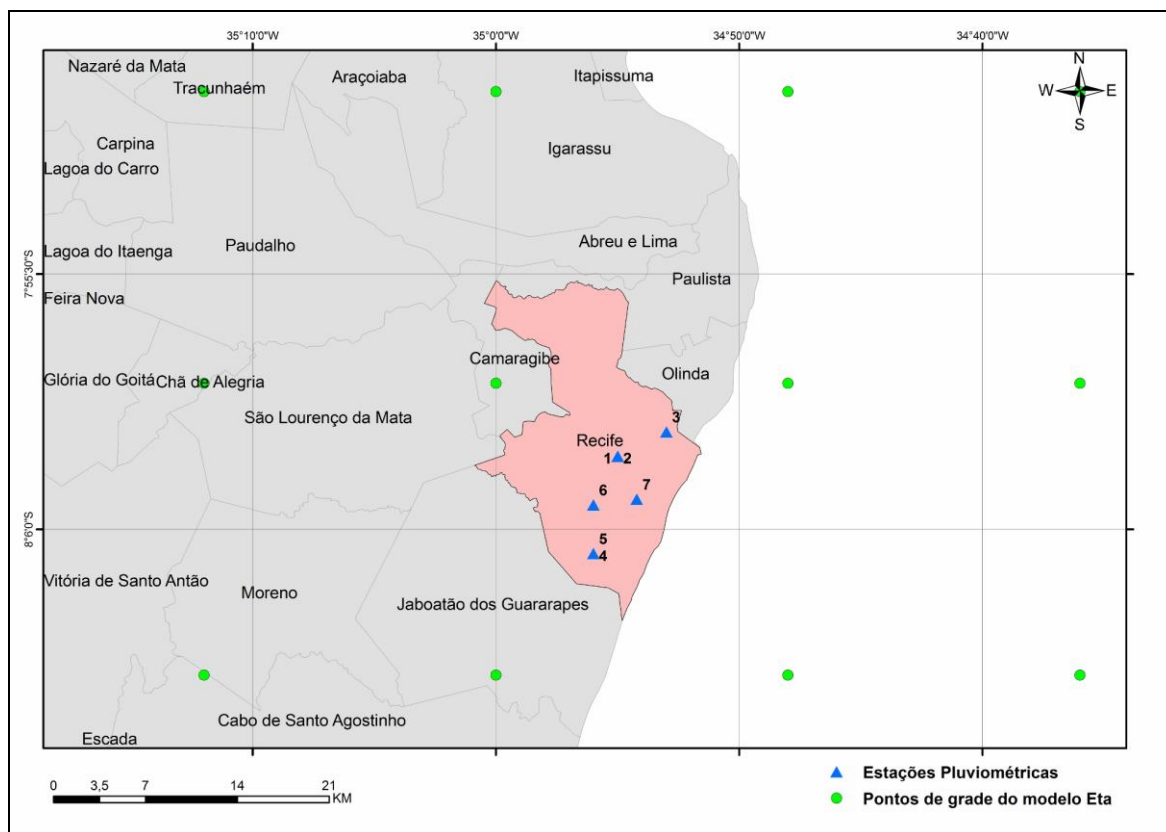


Figura 6 - Localização das estações pluviométricas encontradas para o município de Recife e dos pontos de grade do modelo Eta

4.3. Séries históricas de vazão para a calibração do modelo hidrológico

De acordo com a metodologia já apresentada no Produto 1 - *Infraestruturas Urbana e Costeira*, para calibrar e validar o modelo hidrológico são necessárias séries históricas de vazão no ponto de interesse de estudo. Séries históricas de vazão são mais difíceis de serem obtidas do que as séries de precipitação.

Somente foram encontradas séries históricas de vazão para o município de São Paulo até o presente momento. Dados de nove das dez estações foram encontrados no sítio eletrônico da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, por meio do banco de dados do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos (SigRH). A outra série de vazão foi encontrada no sítio eletrônico da ANA (Tabela 8). Observa-se a partir desta tabela que as séries são muito antigas, sendo a mais recente datada do início de 1983, para um ponto específico da cidade.

Tabela 8. Estações de vazão do município de São Paulo.

Identificação Estação				Periodo Medição			
Ord	Nome do Posto	Lat	Long	Início	Fim	Rio	Ope r.
1	Usina Rio dos Campos	23°57'43 "	46°39'30 "	06/02/19 53	29/10/19 73	Capivari,r	SigR H
2	Sao Miguel Paulista (Nitroquimica)	23°29'08 "	46°26'26 "	01/01/19 53	31/05/19 69	Tiete,r	SigR H
3	Perus (Cia Melhoramentos)	23°24'09 "	46°47'36 "	11/05/19 73	03/10/19 79	Juqueri,r	SigR H
4	Vila Galvao	23°27'34 "	46°34'11 "	01/01/19 69	28/02/19 83	Cabucu Cima,r Guapira,r	SigR H
5	Mooca	23°33'18 "	46°37'23 "	17/01/19 69	28/02/19 80	Tamanduate i,r	SigR H
6	Penha	23°30'26 "	46°33'13 "	14/10/19 70	09/09/19 76	Tiete,r	SigR H
7	Cumbica	23°29'59 "	46°28'08 "	21/05/19 72	30/11/19 80	Tiete,r	SigR H
8	Guaiauna	23°32'07 "	46°32'52 "	27/02/19 73	24/04/19 77	Aricanduva,r	SigR H
9	Caxingui	23°34'38 "	46°42'50 "	21/10/19 72	12/09/19 76	Pirajussara,r / Pirajucara,r	SigR H
10	Ermelindo Matarazzo	23°29'0 0'	46°28'0 0'	01/01/19 63	01/12/19 78	Tiete,r	ANA

Vale a pena ressaltar que, caso esses pontos de medição coincidisse com os pontos críticos selecionados neste estudo, seriam necessárias informações espaciais de uso e ocupação do solo para aquelas datas passadas, para calibrar e validar o modelo hidrológico. Tendo em vista a indisponibilidade e ou inexistência destas informações, não será possível fazer a calibração da modelagem hidrológica, restando a possibilidade de verificação do incremento de vazão decorrente de possíveis mudanças climáticas.

A Figura 7 apresenta a localização das estações fluviométricas na cidade de São Paulo.

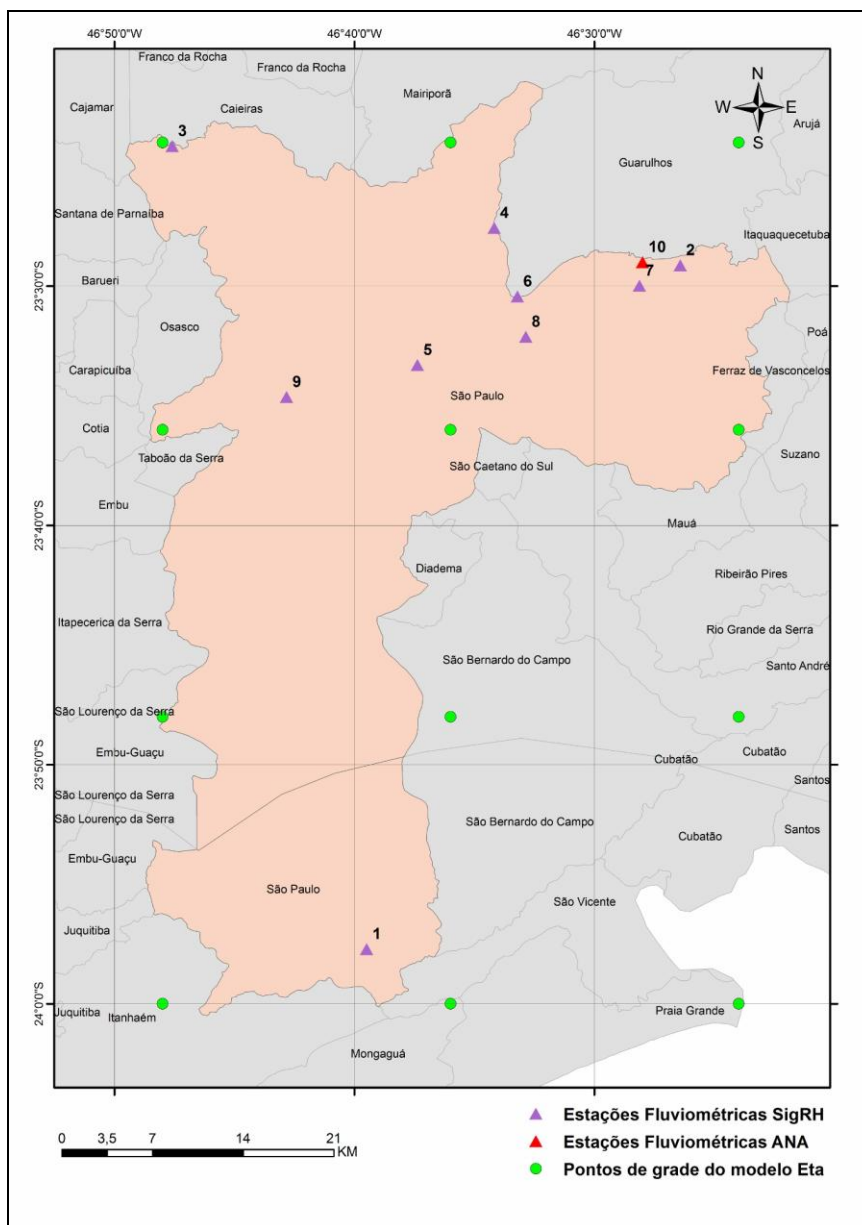


Figura 7 - Localização das estações fluviométricas encontradas para o município de São Paulo e dos pontos de grade do modelo Eta.

A despeito das informações ainda não acessadas para os demais municípios, pré-selecionados, oportuno mencionar que a lógica de avaliação será a mesma para a correção de vies de precipitação e de calibração do modelo hidrológico tal qual fora definido aqui para São Paulo. As informações até então apresentadas somam-se àquelas específicas à infraestrutura de drenagem urbana, melhor desenvolvida nos capítulos 5, 6 e 7.

[Handwritten signature]

5. Mudanças climáticas e infraestrutura urbana: a questão da drenagem

Segundo Nobre (2011), geralmente, o modo como as áreas urbanas se desenvolvem geram significativas transformações no clima local, através de intervenções desconexas com intensa verticalização, compactação e impermeabilização do solo, supressão de vegetação e cursos d'água.

Ao longo de seus 4,6 bilhões de anos, a Terra passou por diferentes ciclos naturais que alternavam aquecimento e resfriamento, o que levou alguns a pensarem que poderíamos estar passando somente por um desses ciclos de calor. As mudanças observadas nos últimos 150 anos, entretanto, sugerem que esse padrão está sendo perturbado por fatores externos – as atividades humanas (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

O Brasil ainda carece de pesquisas que mostrem em detalhes suas vulnerabilidades às mudanças climáticas e de estudos observacionais que relacionem eventos que estão ocorrendo aqui como sendo de fato consequência do aquecimento global (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Martole (2012) afirma que para diagnosticar áreas com potenciais a alagamentos, além das ações antrópicas e os altos índices de precipitações, os aspectos físicos como áreas topograficamente deprimidas associadas a materiais de baixa permeabilidade juntamente com o lençol freático muito raso são características naturais que indicam a susceptibilidade da região.

Os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem de águas pluviais. Em cidades litorâneas, que se desenvolvem em cotas baixas, a coincidência de marés altas contribui para agravamento (BRASIL, 2003).

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, na sigla em inglês) aponta que a mudança do clima impõe uma grande ameaça ao desenvolvimento sustentável, por afetar de forma direta e indireta grande parte da população, sua saúde, os

recursos hídricos, a infraestrutura urbana e rural, as zonas costeiras, as florestas e a biodiversidade, bem como os setores econômicos – como agricultura, pesca, produção florestal, geração de energia, indústrias – além das cadeias destes setores. Ainda, o IPCC aponta impactos de grande magnitude sobre a América do Sul, em especial sobre recursos hídricos e setores econômicos relacionados, impondo ao governo brasileiro a necessidade de formular, planejar e implantar medidas de adaptação, com vistas a gerenciar riscos climáticos e responder de forma tempestiva aos prováveis impactos decorrente da mudança global do clima. Desta forma, torna-se fundamental a elaboração de subsídios ao planejamento nacional de longo prazo que incorpore a mudança do clima.

Na área de infraestrutura urbana, mais especificamente relacionado à drenagem urbana, a projeção do aumento de intensidades de precipitações para algumas regiões compromete a capacidade de escoamento do sistema e a diminuição poderá indicar ociosidade da infraestrutura, reduzindo os benefícios do investimento e conseqüentemente sua alocação de forma mais adequada para as já existentes. Para o planejamento, o aumento ou a diminuição das intensidades e seus efeitos terá repercussões no dimensionamento dos projetos básicos e, conseqüentemente, no montante de recurso a ser investido.

De todo modo, com o aumento das intensidades, um evento que apresentava um certo período de retorno tem a sua frequência de ocorrência ampliada. O evento que correspondia àquele período de retorno apresentará uma intensidade maior. Nesse contexto, obras que foram projetadas para um determinado período de retorno, e conseqüentemente um risco associado, poderão não mais comportar a nova vazão correspondente. Ou por outro lado, o investimento ora realizado em infraestrutura que se torne ociosa, pode inviabilizar atuação em outras frentes de prevenção de drenagem em áreas prioritárias não contempladas no conjunto orçamentário.

O estado do levantamento de dados e informações é apresentado no capítulo a seguir, junto a algumas considerações, para as localidades já apontadas no Capítulo 2 (São Paulo e Fortaleza), sobretudo em termos de caracterização da infraestrutura de



drenagem e indicadores que permitam sua avaliação atual e futura cotejada com a dimensão climática.

6. Diagnóstico das infraestruturas de drenagem urbana: situação atual

Para a elaboração desse diagnóstico foram utilizados dados de cadastros dos principais cursos d'água e redes de drenagem de águas pluviais, além das considerações técnicas apresentadas nos planos de drenagem desenvolvidos para as cidades em estudo e/ou áreas de influência, caso da RMSP - Região Metropolitana de São Paulo.

Com o objetivo de diagnosticar os problemas existentes, previstos no horizonte de estudo (2040), admitidos nos cenários estabelecidos (levando em consideração as condições de ocupação do solo e as diretrizes estabelecidas nos planos supracitados), e indicar, sob o ponto de vista das adaptações às mudanças climáticas, os indicadores mais adequados e pertinentes, extraem-se desses documentos, dados relativos a pesquisas de campo utilizadas para detectar as áreas de inundação e suas ocorrências, projetos implantados, assim como os estudos hidrológicos e hidráulicos realizados.

Conforme mencionado no item 3 deste relatório, considerando os tempos de coleta e as dificuldades na obtenção dos dados, sobretudo no que se refere a planos de drenagem e cadastro de redes das cidades estudadas, para a categorização das carteiras atual e futura das infraestruturas, o diagnóstico ora apresentado não pretende esgotar o tema, e está restrito às cidades de São Paulo e Fortaleza.

6.1. São Paulo

Caracterizado pela intensidade e dinamismo, o processo de desenvolvimento da cidade de São Paulo teve ao longo do século XX uma das transições rural-urbano mais aceleradas do mundo, com pouco mais de pouco mais de 31 mil habitantes em 1872, viu sua população se multiplicar sete vezes até a virada do século e tornou-se a principal metrópole do país e da América do Sul na segunda metade do século XX. Conta, atualmente, segundo o Censo demográfico do IBGE, com mais de 11 milhões habitantes (SÃO PAULO, 2012).



Todos os anos repete-se na RMSP, o flagelo das inundações, embora já com menor grau de criticidade. As consequências são conhecidas, tanto na questão de prejuízos materiais, como da saúde pública, do sistema de transportes, e da depreciação das áreas e dos imóveis (SÃO PAULO, 2010)

Aliado a esse cenário, a RMSP, que já sofre todo verão com enchentes e inundações, segundo Nobre (2011), pode sofrer um aumento do número de dias com fortes chuvas até o final do século. Estudos preliminares sugerem que entre 2070 e 2100, uma elevação média na temperatura da região de 2° C a 3° C poderá aumentar significativamente o número de dias com chuvas intensas.

Diagnóstico da situação atual: cenário de uso e ocupação do solo

Como se observa, a dinâmica de uso e ocupação de solo na cidade de São Paulo pode ser determinante, quando associado a vulnerabilidades às quais o sistema de drenagem urbana estará sujeito, diante de cenários de mudanças climáticas.

Desse modo, para auxiliar nesse diagnóstico preliminar e avaliar a carteira atual das infraestruturas no município de São Paulo, considera-se a metodologia a ser adotada na modelagem hidrológica (vide o item 4.2 do Relatório 1) - Método Curva-Número (CN), sobretudo para subsidiar esse processo de análise.

Nessa metodologia, os valores do parâmetro CN são função do tipo do solo, da cobertura (uso e ocupação do solo) e da umidade do solo, apresentando valor menor ou igual a 100. Quando este é 100, a capacidade de armazenamento da bacia é nula.

De forma a contextualizar essas características para o município, na Tabela 9 são apresentados os valores de CN estimados por sub-bacia para o município. É informado um número de identificação para cada sub-bacia que permite a sua associação com as ilustrações que indicam os valores de CN, na Figura 8 e Figura 9.

Essas estimativas são apresentadas em São Paulo (2012), Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de São Paulo. Além do CN atual foi estimado um valor de CN futuro - 2020, horizonte do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, obtido em São Paulo (2010).



Tabela 9. Valores de “CN” nas Sub-bacias – Município de São Paulo.

Id Bacia	Sub-Bacia	Área (Km²)	CN (Atual)	CN (Futuro)
6.1.10	Guaratuba ou Itaquera / Juca / Verde	94,6	86	87
6.1.3.7	Pequenas sub-bacias lat. Esquerda do Tietê entre os Rios Guaió e Itaquera / Guaratuba	22,2	84	89
6.2.1	Represa Billings	162,2	82	85
6.2.2.3	Rio Oratório (Bacia do Rio Tamanduateí)	12,2	88	88
6.2.2.5	Pequenas bacias laterais do Rio Tamanduateí Médio II	5,0	88	88
6.2.2.6	Ribeirão dos Meninos (Bacia do Rio Tamanduateí)	10,6	87	88
6.3.1.2	Pequenas sub-bacias lat. esquerda do Tietê - montante do Rio Cabuçu de Cima	16,0	85	86
6.3.1.3	Pequenas sub-bacias laterais do Tietê - montante do Rio Tamanduateí	49,8	87	87
6.3.1.4	Pequenas sub-bacias das confluências Tietê / Pinheiros / Pirituba	54,4	80	81
6.3.2.2	Ribeirão Barrocada (Bacia do Rio Cabuçu de Cima)	29,4	61	61
6.3.2.3	Pequenas sub-bacias laterais do Rio Cabuçu de Cima	18,9	87	88
6.3.2.4	Rio Piqueri (Bacia do Rio Cabuçu de Cima)	19,2	76	78
6.3.2.5	Córrego da Paciência (Bacia do Rio Cabuçu de Cima)	14,4	88	88
6.3.3.1	Rio Aricanduva	84,8	83	85
6.3.3.2	Córrego Guaiúna (Bacia do Rio Aricanduva)	16,7	87	87
6.3.4	Córrego Tiquatira (Bacia do Rio Aricanduva)	26,3	88	88
6.3.5.1	Canal do Ipiranga (Bacia do Rio Tamanduateí)	38,4	84	84
6.3.5.2	Córrego da Mooca (Bacia do Rio Tamanduateí)	18,9	89	89
6.3.5.3	Pequenas sub-bacias laterais do Rio Tamanduateí Inferior	29,1	88	88

Tabela 9. (continuação). Valores de “CN” nas Sub-bacias – Município de São Paulo.

Id Bacia	Sub-Bacia	Área (Km²)	CN (Atual)	CN (Futuro)
6.3.6	Córrego Mandaqui	43,4	84	84
6.3.7	Rio Cabuçu de Baixo	42,5	71	73
6.3.8.1	Rio Jaguaré (Bacia do Rio Pinheiros)	33,3	8	86
6.3.8.2	Rio Pirajussara (Bacia do Rio Pinheiros)	39,6	83	84
6.3.8.3	Pequenas sub-bacias laterais do Canal Pinheiros Inferior	39,8	82	82
6.3.8.4	Córrego Traição (Bacia do Rio Pinheiros)	16,7	87	87
6.3.8.5	Córrego Águas Espraiadas / Córrego do Cordeiro (Bacia do Rio Pinheiros)	31,8	87	87
6.3.8.6	Ribeirão Zavuvus (Bacia do Rio Pinheiros)	30,3	88	88
6.3.8.7	Córrego Morro do “S” (Bacia do Rio Pinheiros)	32,1	85	87
6.3.8.8	Pequenas sub-bacias laterais esquerda do Canal Guarapiranga	14,9	87	87
6.4.2	Represa Guarapiranga	232,4	73	80
6.5.1.5	Ribeirão Perus (Bacia do Rio Juqueri)	76,7	77	82
6.6.1	Rio Mutinga	14,4	78	78
7.0.0	Rio Capivari	154,8	61	61

Fonte: adaptado de São Paulo (2012).

Projeções indicam que, caso o padrão de expansão da RMSP seja mantido conforme registros históricos, em 2030 a mancha urbana será aproximadamente 38% maior do que a atual, aumentando os riscos de desastres naturais como enchentes, inundações e deslizamentos de massa em encostas, atingindo cada vez mais a população como um todo e, sobretudo, os mais vulneráveis (NOBRE, 2011).

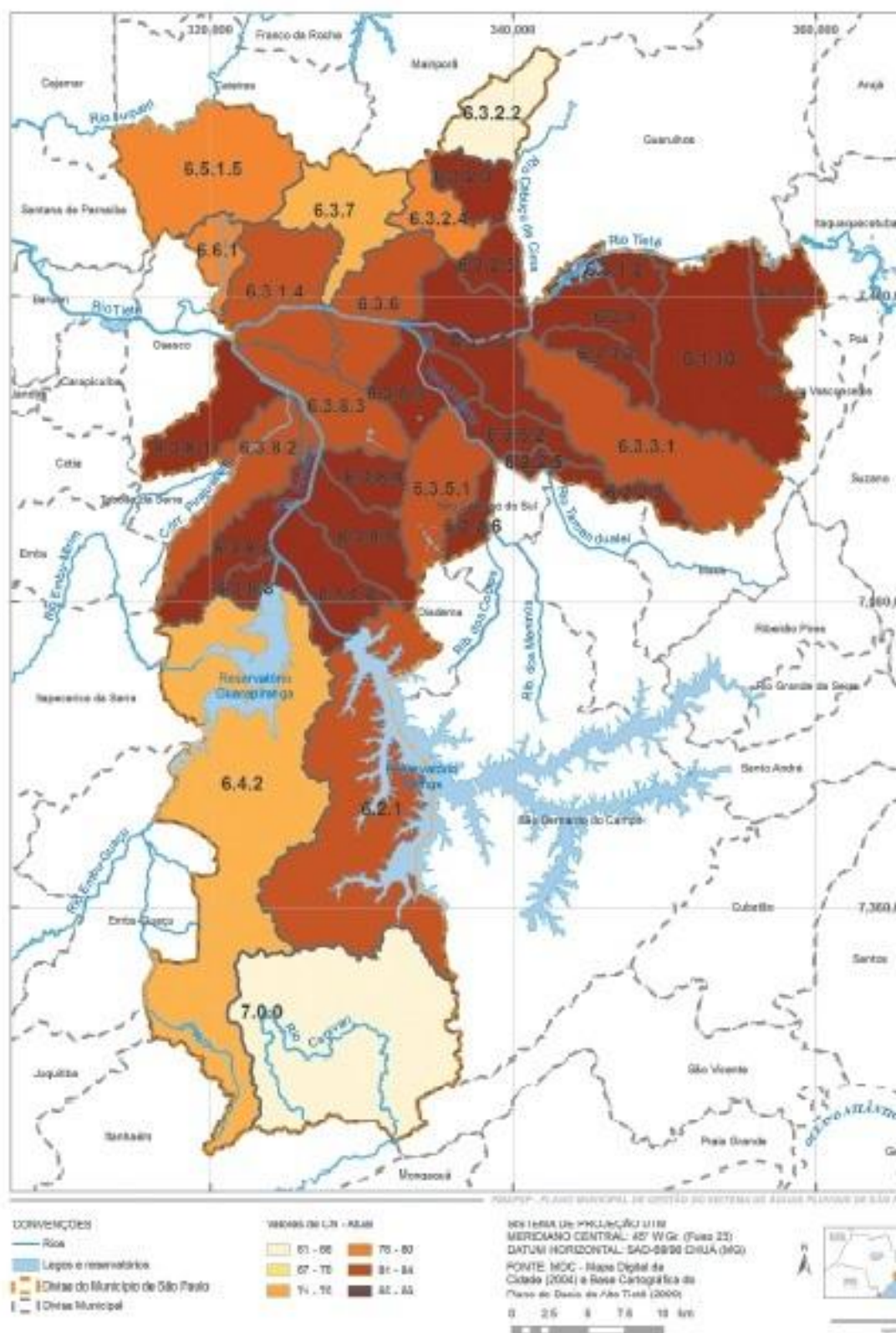


Figura 8 – Valores de “CN – Atual” – Município de São Paulo. Fonte: SÃO PAULO, (2012).

[Handwritten signature]

Com a apresentação desses cenários busca-se a obtenção de um instrumento para simular as condições da macrodrenagem metropolitana em uma situação plausível de futuro, avaliando tendências.

Indicador/Equação I-D-F

As IDF's são equações que relacionam intensidade (i), duração (d) e frequência (f) de precipitações intensas para uma dada localidade. Outra forma de se apresentar a frequência de uma precipitação intensa é o Período de Retorno, que é dado pelo inverso da frequência. Ou seja, uma precipitação com 10 anos de Período de Retorno acontece com uma frequência **média** de uma vez a cada 10 anos (0,1).

Essas equações são utilizadas no dimensionamento do sistema de drenagem, fornecendo aos modelos hidrológicos as informações sobre as precipitações críticas (intensidades), as quais serão transformadas em escoamento superficial e, portanto, podem aportar informações para o desenvolvimento de uma carteira de parâmetros que permita a adaptação futura de tais sistemas de drenagem urbana.

A Equação 1 representa a expressão matemática de chuvas intensas para a cidade de São Paulo segundo a metodologia apresentada por Martinez e Magini (1999).

$$i = 39,3015(t + 20)^{-0,9228} + 10,1767(t + 20)^{-0,8764} \cdot [-0,4653 - 0,8407 \ln \ln(T / T - 1)] \quad (1)$$

Em que:

i = intensidade média de chuva em mm/h para a duração da chuva de (t) minutos;
T = período de retorno da precipitação em anos.

Com as IDF's atuais e futuras é possível estabelecer as precipitações críticas (atuais e futuras) para um determinado período de retorno e com essas precipitações, através do modelo hidrológico, quantificar a parcela que é convertida para escoamento superficial, a qual determina o dimensionamento de um sistema de drenagem ou permite avaliar o quão comprometido está o sistema, caso esteja implantado.



6.2. Fortaleza

Diante de estudos ambientais e hidrológicos realizados pela Prefeitura, o status atual do sistema de drenagem urbana do município de Fortaleza é deficiente ou sujeito a inundações nos períodos de chuva (FORTALEZA, 2013).

A cidade de Fortaleza se desenvolveu próxima aos recursos hídricos. Ao longo dos anos e com o crescimento da população, iniciou-se a ocupação das suas margens e leitos, o que veio a comprometer a qualidade das águas e provocar alagamentos e danos aos ocupantes de suas margens. Na busca por espaços para a construção de edificações e vias, foram executados aterros em lagoas, os rios foram canalizados, desviados do seu curso, drenados em áreas que interferiam na ocupação urbana, desfigurando, desta forma, a natureza, e gerando outros problemas. Os problemas foram surgindo gradativamente, à medida que os espaços foram sendo ocupados pelo homem (SILVA et al, 2005).

O relatório Fortaleza (2013), Plano Municipal de Saneamento Básico, cita como fatores principais para o desencadeamento desses problemas: a obstrução da rede por detritos, ocupação desordenada (inclusive margens de corpos d'água), topografia plana do município, processo de crescimento acelerado (entre anos 1970 e 2000), e modificação dos cursos d'água por ação antrópica associada ao processo de urbanização.

Bacias Hidrográficas

A hidrografia principal do município compreende as bacias da Vertente Marítima, do rio Cocó, do rio Maranguapinho e do rio Pacoti, conforme Figura 10. Algumas das características dessas bacias hidrográficas são apresentadas na Tabela 10.





Figura 10 – Bacias Hidrográficas do Município de Fortaleza.
 Fonte: FORTALEZA, (2013)

Tabela 10. Bacias hidrográficas do município de Fortaleza.

Bacia	Área (Km ²)	Extensão do Talvegue Principal (km)
Bacia da Vertente Marítima	34,54	23
Bacia do Rio Cocó	209,63	97
Bacia do Rio Maranguapinho	86,84	100
Bacia do Rio Pacoti	5,02	3

Fonte: Fortaleza (2013)

Indicador/Equação I-D-F

A Equação 2 representa a expressão matemática de chuvas intensas para Fortaleza desenvolvida com base em 30 anos de registros pluviográficos contínuos (1970 a 1999) segundo a metodologia apresentada por Da Silva, Palácio Júnior e Campos (2013).

$$i = \frac{2345,29.T^{0,173}}{(t + 28,31)^{0,904}} \quad (2)$$

Em que:

i = intensidade média de chuva em mm/h para a duração da chuva de (t) minutos;
T = período de retorno da precipitação em anos.

Diagnóstico da situação atual

Assim como na maioria das grandes cidades do Brasil, no município de Fortaleza o crescimento veio sem o devido planejamento e cobertura da infraestrutura. O sistema de drenagem urbana, antes natural, passou a ser composto por ruas e redes de condutos que direcionam o escoamento das águas da chuva. Conforme informado em Fortaleza (2013), atualmente o município conta com 519 Quilômetros de rede drenagem (Tabela 11).

Tabela 11. Extensão de rede de drenagem de águas pluviais no município de Fortaleza.

Bacia hidrográfica	Extensão de rede de drenagem (km)
Vertente Marítima	203,51
Rio Cocó	108,20
Rio Maranguipinho	207,89
Rio Pacoti	0,00
Total	519,60

Fonte: Fortaleza (2013)

7. Identificação de vulnerabilidades no sistema de drenagem urbana: indicadores e pontos críticos

7.1. São Paulo

Duas fontes de mudanças climáticas convergem sobre a RMSP. De um lado, a própria urbanização intensifica o efeito de ilha urbana de calor, com resultado de aumento de mais de 2° C nos últimos 50 anos no centro de São Paulo e ocorrência duas a três vezes maior de fenômenos de chuvas intensas que deflagram desastres naturais (NOBRE, 2011).

No cenário atual, o Relatório de Atividades - Operação Chuvas de Verão (2013/2014), divulgado pelo CGE - Centro de Gerenciamento de Emergências, revelou uma queda nos índices de chuvas e ocorrências de alagamento (Figura 11). A baixa pluviometria observada na última estação chuvosa provocou um desvio negativo de 49,7% nas ocorrências de alagamento, que passaram de 876 em 2012/2013, para 435 em 2013/2014 (SÃO PAULO, 2014).

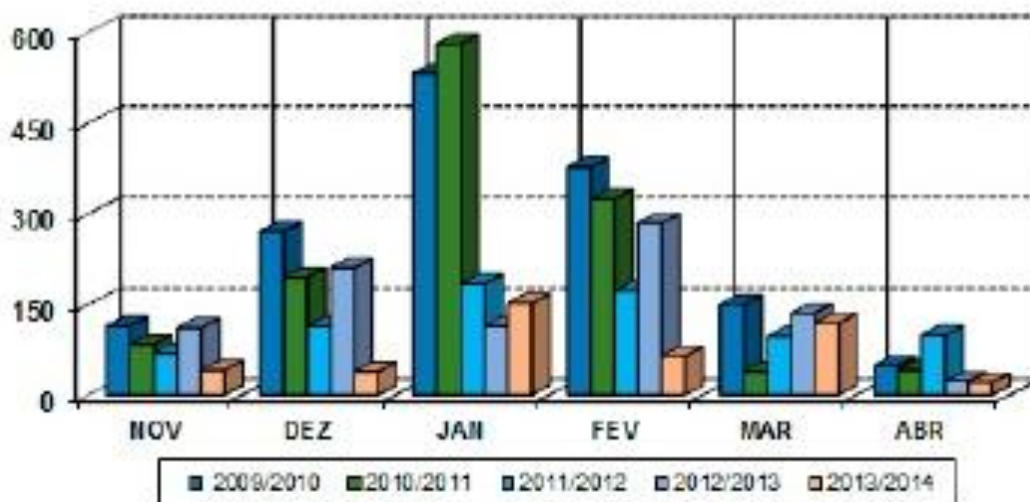


Figura 11 – Dados comparativos de pontos de alagamento no município de São Paulo.
Fonte: SÃO PAULO (2014)

Considerando a simulação de cenários apresentada em São Paulo (2012), indicada pela dinâmica de uso e ocupação do solo refletida no parâmetro CN do modelo (vide Tabela 2), associada aos registros de transbordamento dos principais canais de

macro drenagem do município divulgados em São Paulo (2014), conforme Figura 12, pretende-se caracterizar uma região crítica com relação à ocorrência de alagamentos, para as etapas futuras intensificar coleta de dados das sub-bacias em área de influência.

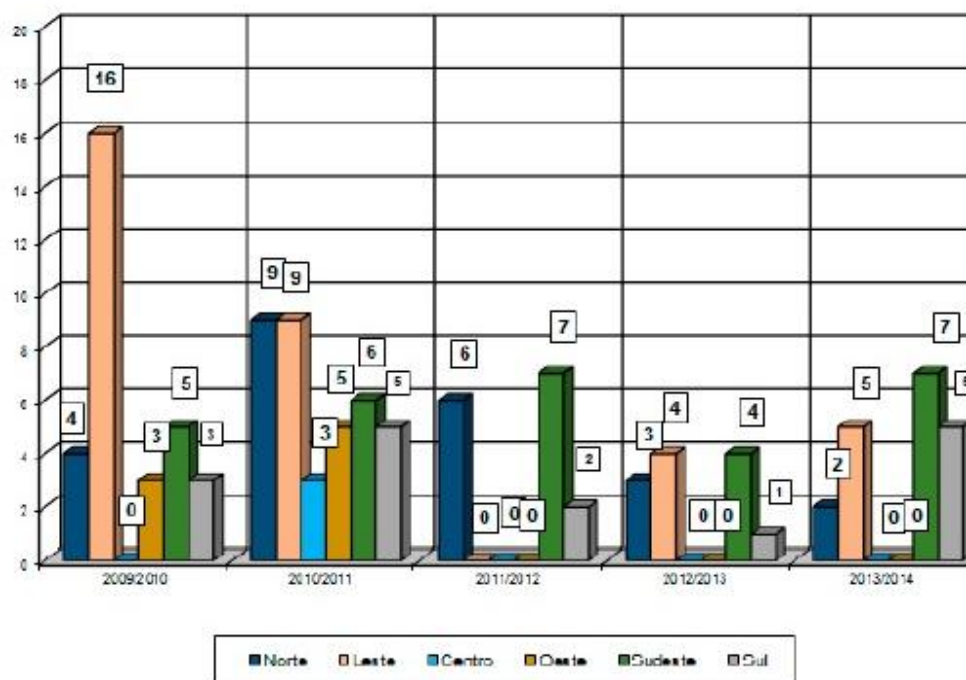


Figura 12 – Dados por região de pontos de transbordamento de canais de macro drenagem monitorados no município de São Paulo.
Fonte: SÃO PAULO (2014)

Para análise das características climatológicas de precipitação, com foco nas tendências observadas em indicadores de extremos climáticos, inicialmente pretende-se estudar a bacia do Córrego Anhangabaú, pois esta possui cadastro da rede de drenagem existente e localiza-se na parte central do município, com pontos críticos de alagamento. A escolha vai depender também da obtenção dos dados de cadastro da rede junto à Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH). O córrego Anhangabaú é formado pela confluência de três córregos: Córrego Saracura, Itororó e do Bexiga. A confluência entre os córregos se dá na Praça da Bandeira.

7.2. Rio de Janeiro

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é a maior aglomeração urbana da zona costeira brasileira. Sua população de cerca de 11,5 milhões de habitantes em 2010 é equivalente à soma dos que residem nas áreas metropolitanas de Porto Alegre, Recife e Salvador, os grandes aglomerados populacionais litorâneos brasileiros que a seguem na ordem de tamanho urbano (EGLER e GUSMÃO, 2014).

Dadas as suas dimensões e a sua complexidade, o Rio de Janeiro é exemplar para sintetizar as contradições do desenvolvimento brasileiro neste início de milênio (EGLER, 2008).

Para Nacaratti (2008), a cidade do Rio de Janeiro, no que tange à infraestrutura de drenagem, a base construída já define um alto padrão de vulnerabilidade por grande parte desta estar consolidada sobre áreas de baixada e pela ocupação de margens de rios. Como agravante, destaca-se a ocupação das encostas desmatadas que aumentam a velocidade de escoamento das águas e da própria concepção da construção do sistema de drenagem que transfere alagamentos para as regiões mais baixas dos rios e, posteriormente, lança-os ao mar.

Atualmente, encontra-se a fase de coleta de dados junto à Fundação Rio-Águas (órgão municipal gestor do sistema de drenagem urbana do Rio de Janeiro), para obtenção de dados relativos a características e pontos críticos do sistema de drenagem urbana local.

7.3. Fortaleza

Segundo levantamento apresentado em Fortaleza (2013), o município possui aproximadamente vinte (20) pontos de alagamentos, seja pela ausência de rede drenagem de águas pluviais ou pela deficiência na rede (Figura 13).

Localização desses pontos (FORTALEZA, 2013): 001 – Av. Rui Barbosa com Rua Tenente Amaury Pinto; 002 – Av. Expedicionários com Rua Almirante Rufino; 003 – Rua Rotary



com rua Dom Lino; 004 – Av. Paulino Rocha em frente ao nº 1343, Cajazeiras; 005 – Av. Heráclito Graça com Rua Solon Pinheiro, Centro; 006 – Av. Heráclito Graça com Barão de Aracati, Centro; 007 – Av. Alberto Nepomuceno com Av. Pessoa Anta, Centro; 008 – Rua Licurgo Montenegro com Rua Euclides da Cunha, Padre Andrade; 009 – Av. Alberto Craveiro em frente ao Makro, Dias Macêdo; 010 – Av. Frei Cirilo com Homem de Melo, Messejana; 011 – Av. Aguanambi com Av. Eduardo Girão, José Bonifácio; 012 – Av. Murilo Borges próximo à ponte do Cocó, Aerolândia; 013 – Av. Raul Barbosa com Rua do Piloto, Aerolândia; 014 – Rua Julio Verne entre as Ruas Peru e Equador, Itaoca; 015 – Av. Gomes Brasil com Av. Augusto dos Anjos, Parangaba; 016 – Av. Dedé Brasil (Paranjana) com Rua Bogotá, Itapery; 017 – Av. Dedé Brasil (Paranjana) com Rua Cassimiro de Abreu, Itapery; 018 – Rua Alemanha com Rua Fagundes Farela, Itapery; 019 – Rua Síria próximo à Dedé Brasil (Paranjana), Itapery; 020 – Av. Presidente Castelo Branco com Rua Eduardo Studart, Pirambú.



Figura 13 – Pontos críticos de alagamento no município de Fortaleza.
Fonte: FORTALEZA (2013)

Para definição de áreas de estudo para avaliação de vulnerabilidade potencial do sistema de drenagem urbana às mudanças climáticas, dentre os pontos indicados

(Figura 13), foram identificados estudos desenvolvidos por Silva et al, (2005) na sub-bacia do Riacho Pajeú, localizada na bacia hidrográfica da Vertente Marítima - região central do município.

Caracterizada como uma região crítica com relação à ocorrência de alagamentos, pretende-se para as etapas futuras intensificar coleta de dados dessa sub-bacia para subsidiar a análise das características climatológicas de precipitação, com foco nas tendências observadas em indicadores de extremos climáticos.

7.4. Salvador

Com o aumento crescente nos casos de assentamentos subnormais associado aos problemas sociais decorrentes, a estrutura urbana de Salvador tem nos aspectos morfológicos e topográficos do meio físico da cidade, um sério agravante: o relevo fortemente ondulado, a estrutura geológica e a alta pluviosidade, desencadeando a ocorrência de eventos adversos como os deslizamentos de terra, desabamentos e alagamentos, atingindo principalmente a população moradora das áreas de risco (CODESAL, 2014).



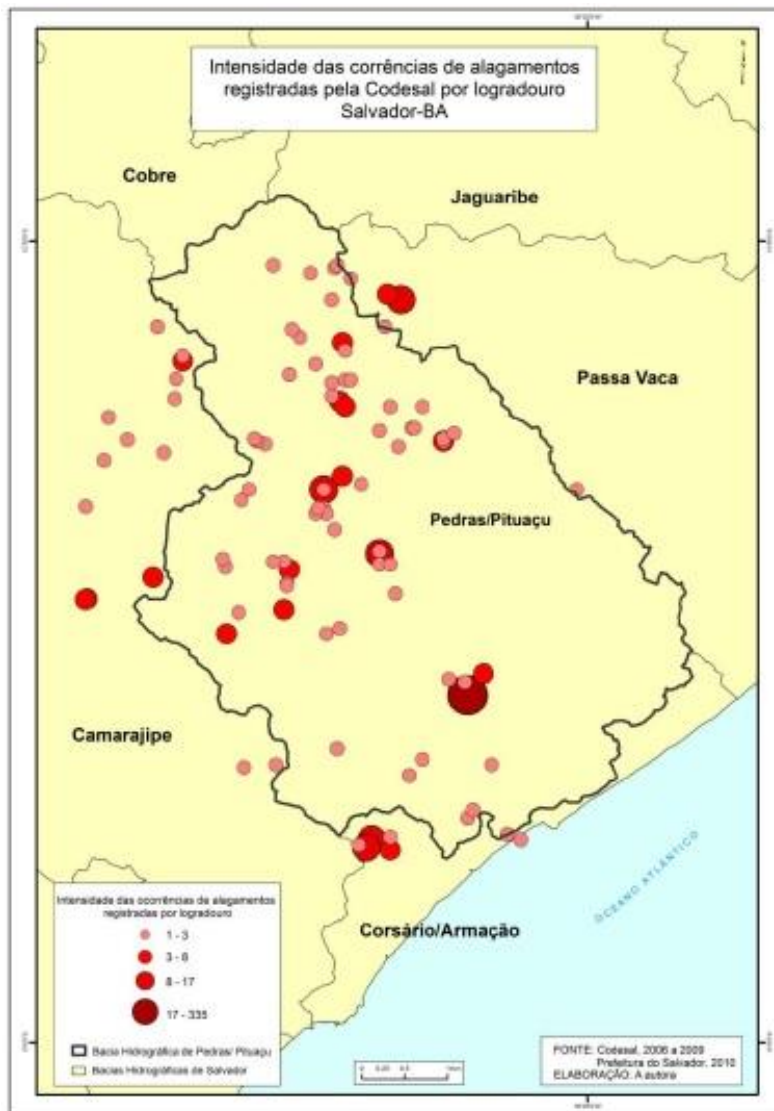


Figura 14 – Intensidade das ocorrências de alagamentos registradas pela CODESAL.
Fonte: Rocha, (2013).

Considerando estudos de Rocha (2013), a bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu, localizada no município de Salvador/BA, os eventos de alagamentos são recorrentes. Observa-se na Figura 14, a identificação da área mais crítica na bacia: a rua da Bolandeira, que teve mais de 300 registros no período avaliado.

7.5. Recife

A Região Metropolitana do Recife (RMR) é cortada por vasta rede de rios e canais. Destaque para as bacias dos rios Beberibe, Capibaribe e Tejiptó, nos trechos de maior urbanização e inseridos na região de planície do Recife (CAMBOIM GÓES e CIRILO, 2011).

Segundo Souza e Corrêa (2012), a Planície do Recife é um ambiente bastante alterado pelo processo de urbanização e, como consequência tanto suas formas de relevo quanto seus processos de superfície controlados apenas pela dinâmica natural foram intensamente modificados e em alguns casos descaracterizados. Logo, suscetível à ocorrência de impactos ambientais, como o aumento da magnitude, intensidade e frequência de alagamentos encharcamentos e inundações.

Assim como o município do Rio de Janeiro, em Recife também está em fase de coleta de dados junto aos órgãos municipais, para obtenção de dados relativos ao sistema de drenagem urbana local.

8. Conclusões e considerações finais

Tendo em vista os tempos de coleta, dificuldades na obtenção dos dados e o quantitativo de informações, sobretudo secundários, para a categorização das carteiras atual e futura das infraestruturas, bem como o avanço em outras frentes do estudo, o presente relatório aborda aspectos metodológicos complementares, bem como resultado amostral do levantamento de dados, das infraestruturas e indicadores associados que permitam a avaliação presente e futura, considerando a dimensão climática.

No que concerne aos produtos que se poderá extrair a partir dos dados coletados, e das demandas de dados e informações para a completude deste estudo, apresentamos um extrato na Tabela 12.

Com base na Tabela 12, é possível inferir que as equações IDF são passíveis de se obter para todas as municipalidades em estudo. A modelagem hidrológica, com resultados em vazão, será possível realizar para microbacias dos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro e, a depender do resultado da análise das informações levantadas, Salvador. Já a projeção futura da infraestrutura de drenagem urbana dependerá de envio e análise de dados de São Paulo e Rio de Janeiro. As demais municipalidades carecem de planos que contemplem tal expansão da infraestrutura de drenagem urbana.



Tabela 12. Extrato de produtos e dados/informações necessários e status da coleta.

Município	Produtos					
	Cadastro da Macrodrenagem / Plano Diretor de Drenagem	Modelagem Hidrológica			I-D-F	
		DEM	Mapa de Uso e Ocupação	Mapa Pedalógico	Atual: estação pluviométrica	Futura: modelagem ETA
São Paulo	Depende de obtenção de dados das bacias críticas modeladas pela FCTH/USP	Dado coletado - 30m	Pendente de envio	Dado coletado	Dado coletado	Disponível
Rio de Janeiro	Depende de obtenção de dados do Plano de Manejo de Águas Pluviais junto à Rio-Águas	Dado coletado - 10km 5m	Dado coletado	Dado coletado	Dado coletado	Disponível
Fortaleza	Dados obtidos. Cadastro de rede em .dwg	Dado coletado - 90m e pts cotados (baixa resolução)	Sem informação	Dado coletado - SÓ PDF	Dado coletado	Disponível
Recife	Sem informação	Dado coletado - 90m (baixa resolução)	Sem informação	Sem informação	Dado coletado	Disponível
Salvador	Obtido o Plano Municipal de Saneamento Básico. Entretanto, sem cadastro de rede	Dado coletado - 90m (baixa resolução)	Dado coletado - Estado Bahia (baixa resolução)	Dado coletado - Estado Bahia (baixa resolução)	Dado coletado	Disponível

Os dados e informações até então coletados apontam, nos casos de São Paulo e Fortaleza, situações em que mudanças climáticas não estão consideradas no escopo de planejamento. Os planos de macrodrenagem adotam o princípio de estacionariedade das séries climáticas e reproduzem o histórico para o futuro, focando a análise de investimentos nos tempos de recorrência dos extremos estocásticos e nos riscos presumidos a partir destas projeções. A situação atual de crise hídrica vivida pela

Região Metropolitana de São Paulo é um exemplo dos problemas advindos desta forma de planejar: uma situação climática anômala expôs um problema de exacerbação da demanda – em função de um crescimento desorganizado das cidades – diante de um quadro de oferta limitada de água – piorado em decorrência da ocupação irregular de áreas de proteção de mananciais.

De modo preliminar, os primeiros resultados das projeções dos modelos climáticos, em termos de precipitação, apontam uma redução da precipitação média anual, porém, possivelmente com ampliação da variação dos extremos. Se por um lado esta redução implica em menor pressão sobre as redes de drenagem, a variação dos extremos – e possivelmente o aumento da frequência destes eventos – pode apontar para a necessidade de ampliação das medidas de projeto das redes, ou outras iniciativas de maior resiliência. Associado a isso, um outro fenômeno, cujo diagnóstico e detecção foge do escopo deste trabalho, pode implicar em aumento das incertezas de projeto: o fato de que um eventual aumento de temperatura média em regiões de ocupação densa gere aumentos de precipitações extremas causadas pela atração exercida por ilhas de calor, como microrregiões de baixa pressão.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Manual de Desastres Naturais, V. I. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília-DF, 2003.

CAMBOIM, G.; CIRILO, J. A. Geração de base de dados espaciais para estudos de drenagem urbana na região metropolitana de Recife, Pernambuco. Revista Brasileira de Cartografia, 2012.

CODESAL. Plano de Contingência para Chuvas 2014: Operação Chuva. PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR, 2014.

DA SILVA, F. O. E.; PALÁCIO JÚNIOR, F. F. R., CAMPOS, J. N. B. Equação de chuvas para Fortaleza-CE com dados do pluviógrafo da UFC. Revista DAE. nº 192 - maio / agosto (2013)

EGLER, C. A. G. O Rio de Janeiro e as Mudanças Climáticas Globais: uma visão geoeconômica. In: Seminário Rio Próximos 100 anos. Rio de Janeiro. 2007. Disponível em:



http://http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/files/2014/05/egler_rj_mc_2008.pdf.
Acesso: 28-10-14

EGLER, C. A. G.; GUSMÃO, P. Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. RGCI-Revista de Gestão Costeira Integrada 14.1 (2014).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FORTALEZA: Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico das Atuais Condições de Drenagem do Município de Fortaleza. Prefeitura Municipal de Fortaleza. Dezembro/2013.

MARTAROLE, M. M. R. Áreas com potencial de alagamento em parte do entorno da cidade de Porto Velho/RO. / Maíza Moreira Ribeiro Martarole. Porto Velho, Rondônia, 2012. 72f.

MARTINEZ JÚNIOR, F.;MAGNI, N. L. G. "Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo." Governo Do Estado De São Paulo-Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento E Obras-Departamento De Águas E Energia Elétrica-Centro Tecnológico De Hidráulica E Recursos Hídricos (1999).

NACARATTI, M. A. Os cenários de mudanças climáticas como novo condicionante para a gestão urbana: as perspectivas para a população da cidade do Rio de Janeiro. ABEP/NEPO (2008).

NOBRE, C. A. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo: relatório final / Carlos A. Nobre, coordenador. – São José dos Campos, SP: INPE, 2011. 192 p.

OBSERVATORIO DO CLIMA. Diretrizes para Formulacao de Politicas Publicas em Mudancas Climaticas no Brasil. Organizacao: Mario Monzoni, Coordenacao: Rachel Biderman; Orientacao Tecnica e Politica: Fabio Feldmann. Pesquisadoras Responsáveis: Michelle Muhringer Shayer e Luciana Betiol. 2009.

ROCHA, L. S. Mapeamento de áreas de vulnerabilidade hídrica através do processamento de informações espaciais e registros de ocorrências da defesa civil/ Luciana Santiago Rocha. – Salvador, 2013.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos. São Paulo: SMDU, 2012.

_____. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Relatório de atividade: Operação Chuvas de Verão. São Paulo: CGE, 2014.



SÃO PAULO: Revisão do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT) – Relatório Síntese. Relatório DA.0238.PD.AT455-0. Governo Do Estado De São Paulo-Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento E Obras-Departamento De Águas E Energia Elétrica. Março/2010.

SILVA, A. P.; CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C; PINHEIRO, M. I. T. Metodologia Para Identificação De Pontos Críticos Do Sistema De Drenagem Urbana: O Estudo De Caso Da Bacia Do Riacho Pajeu, Fortaleza - Ceará. In: 7º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LINGUA OFICIAL PORTUGUÊS, 2005, Evora. SILUSBA. APRH, 2005.

SOUZA, J. L.; CORRÊA, A. C. B. Impactos da urbanização na geração de risco a alagamentos na Planície do Recife. 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia. Anais. Rio de Janeiro, 2012.



Wilson Cabral de S. Junior
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Professor Associado

