

PROJETO DE PESQUISA APLICADA

***Aperfeiçoamento de Ferramentas Estaduais de Gestão de Recursos Hídricos no
Âmbito do Progestão***

RELATÓRIO TRIMESTRAL

Autor (es): Fabiana Carnáuba Medeiros e Anne Caroline Negrão
Área Temática: Gestão de Eventos Críticos

SETEMBRO/2018

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1.1- Explique qual é o objetivo da sua pesquisa, descrevendo de forma clara a ferramenta de gestão que está sendo desenvolvida?

O objetivo principal deste projeto de pesquisa é o desenvolvimento de um modelo de previsão de cheias e determinação de áreas alagáveis na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Meio, localizada nos estados de Pernambuco e Alagoas. Esta ferramenta será utilizada pela Sala de Alerta, pertencente a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH/AL), e complementar o sistema de previsão já existente no órgão gestor. O sistema proposto utilizará o modelo hidrológico HEC-HMS para simulação da vazão e o modelo hidráulico HEC-RAS para manchas de inundação. Os softwares HEC foram escolhidos por serem gratuitos e de configuração flexível, podendo os modelos serem configurados dependendo da disponibilidade de informações.

Também pretende-se avaliar a rede de monitoramento hidrometeorológico existente e sugerir aperfeiçoamentos visando atender as demandas do sistema de alerta.

1.2- Em sua opinião qual o grau de importância que essa ferramenta terá para a gestão de recursos hídricos no estado?

O Estado de Alagoas apresenta um histórico de cheias e inundações em regiões ribeirinhas, que causaram ao longo dos últimos anos muitos prejuízos materiais e diversas mortes. De acordo com estudos feitos sobre as inundações no estado, pode-se observar que estes eventos extremos são recorrentes, e com o passar do tempo estão se tornando mais frequentes e destrutivos, tendo em média um período de 10 a 15 anos de recorrência entre as grandes inundações no estado. A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Meio apresenta ao longo das suas margens diversas moradias susceptíveis a inundações, e a ferramenta gerada facilitará o acompanhamento do monitoramento das áreas inundáveis, juntamente com as Defesas Cíveis Estadual e municipais.

Além disso, o estado já vem monitorando a bacia com previsões meteorológicas e com observações em tempo real das estações telemétricas e do radar. Um sistema de previsão hidrológica daria maior antecedência a tomada de decisão e ação da Defesa Civil.

1.3- Com base na estrutura (física, humana, etc.) do órgão gestor, você acredita que essa ferramenta será utilizada pelos técnicos do órgão? Explique.

Sim. A SEMARH/AL apresenta em seu organograma a Gerência de Hidrometeorologia, onde está inserida a Sala de Alerta, responsável pelo monitoramento hidrometeorológico do estado de Alagoas. A rede de Alagoas consta de 27 estações hidrológicas nas bacias hidrográficas que apresentam históricos de cheias, tendo também unidades no estado de Pernambuco, em suas nascentes. Diante disto, faz-se necessário o aprofundamento de estudos com relação a modelagens hidrológicas e hidráulicas, que juntamente com o monitoramento destas estações, serão responsáveis por previsões das ocorrências de cheias e inundações nas áreas mais susceptíveis a desastres. O estudo desenvolvido para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Meio servirá de modelo para as demais regiões do estado, servido de projeto piloto para o acompanhamento das inundações recorrentes nos estados de Alagoas e em suas nascentes, no estado de Pernambuco.

O corpo técnico do órgão gestor é especializado e possui equipe para a realização da manutenção das estações. Já possui o acompanhamento em tempo real das estações telemétricas, o que aumenta a viabilidade da aplicação de um sistema de previsão. Válido destacar que o treinamento dos técnicos do órgão gestor para a utilização da ferramenta, incluídos os softwares que serão utilizados (HEC-HMS e HEC-RAS), será de grande importância.

1.4- A partir das primeiras impressões no órgão gestor e/ou do sistema de gestão do estado onde a pesquisa está sendo realizada, estabeleça um nexo entre as necessidades identificadas e a ferramenta a ser desenvolvida.

A Sala de Alerta da SEMARH/AL atua no monitoramento das principais bacias hidrográficas com histórico de inundações no Estado de Alagoas, porém ainda não possui um sistema automatizado e confiável de previsões através de modelagem computacional de vazões extremas, que possa auxiliar a equipe técnica do estado na identificação das áreas alagáveis e inundáveis destas bacias. A ferramenta que está sendo desenvolvida servirá para gerar estas “manchas de inundação”, possibilitando assim, a identificação e o possível alerta antecipado de eventos severos na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio, que é historicamente uma das bacias hidrográficas mais problemáticas dentro do estado de Alagoas. Com a operacionalização destes modelos, a equipe técnica poderá replicar a modelagem para as outras bacias hidrográficas do estado que também tenham registros de inundações severas em Alagoas e emitir os alertas com maior antecedência possível.

2. METODOLOGIA EMPREGADA NA PESQUISA

2.1- Descreva a metodologia de coleta de dados?

Os Estados de Alagoas e Pernambuco apresentam postos pluviométricos e fluviométricos operados por diversos órgãos de monitoramento. Boa parte desses dados já estavam disponíveis no banco de dados da SEMARH/AL, os demais foram solicitados através de contatos com os órgãos responsáveis ou baixados, quando disponíveis, nas páginas online. A seguir as fontes consultadas:

- ANA: através do Hidroweb, foram baixados dados diários de cota e, quando disponíveis, os dados de vazão, resumo de descarga e perfil; através do Gestor PCD foram baixados dados horários de cota e, quando disponíveis, dados de vazão;
- CEMADEN: através do Mapa Iterativo, foram baixados os dados de precipitação horária e a cada 10 min das estações pluviométricas e os dados horários de nível das estações hidrológicas;
- INMET: dados meteorológicos horários extraídos do SIM/INMET e recebidos via CD;
- INPE/SINDA: dados horários ou a cada 3 horas de PCDs recebidos via ftp.

Os dados provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA) e da SEMARH/AL já começaram a ser processados, como será descrito a seguir. Os dados dos demais órgãos ainda precisam ser avaliados em relação à confiabilidade e a utilidade neste trabalho.

Os dados do CEMADEN precisaram ser baixados mês a mês através do Mapa Iterativo disponibilizado no site, uma vez que o contato responsável em disponibilizar os dados ainda não retornou a solicitação. Devido à variação na formatação dos dados, mesmo eles sendo baixados da mesma fonte, algumas rotinas em VBA (Excel) e FORTRAN estão sendo desenvolvidas para o seu processamento.

Os dados da ANA e da SEMARH/AL foram separados por bacia hidrográfica, município, data e tipos de dados (dados pluviométricos diários e horários; dados fluviométricos diários e horários; dados de cotas diários e horários, curvas de descargas e dados climáticos). Os arquivos que constaram os dados de postos inativos foram utilizados para a geração das médias climatológicas de alguns municípios, devido à escassez de dados atualizados. Alguns postos mais antigos, que faziam parte da antiga

SUDENE e do DNAEE foram descartados, devido ao fato de não apresentarem dados mais recentes para as análises.

O banco de dados da SEMARH/AL possui informações em formatos distintos que foram processados pela bolsista local com o auxílio do Excel, onde também foram gerados os gráficos que constam neste relatório. Os dados fluviométricos apresentados neste projeto de pesquisa fazem parte da rede de monitoramento da ANA (dados disponíveis no sistema Hidroweb) e da SEMARH/AL. Alguns postos não apresentam dados de vazão, apenas de cotas. Faz-se necessário os dados das curvas-chave dos municípios, para a consistência dos dados de vazão. Estes dados já foram solicitados a ANA.

Foram analisados também os dados pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Mundaú, devido às falhas apresentados em alguns postos em regiões importantes localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. A Região hidrográfica do Rio Mundaú apresenta características semelhantes a região de estudo, em relação aos regimes pluviométricos, tipos de solos, dentre outras características. Apresenta também eventos críticos de inundações em suas margens, como foi o caso da última grande enchente que atingiu os dois estados, no mês de junho de 2010. Ambas as bacias hidrográficas apresentam suas nascentes no estado de Pernambuco. Foram também analisados alguns postos da bacia hidrográfica do Rio Una/Jacuípe.

2.2- Descreva a metodologia de análise de dados?

Os dados foram separados em dois módulos. No primeiro módulo, foram analisados os dados diários históricos de todos os municípios disponíveis. Foram separados os índices mensais, para o cálculo das médias climatológicas. Foram separados também os extremos diários (valor máximo registrado por dia), para a comparação com as médias históricas.

No segundo módulo, foram analisados os dados horários. As séries com dados horários são mais curtas (a partir de 2011 até o momento). Os postos apresentam dados registrados de 15 em 15 minutos em alguns casos, devido a formatação dos dados da estação, em outros casos, os dados apresentam registros de hora em hora. Alguns postos apresentam falhas. Em determinados locais, houve a necessidade de se fazer um ajuste, devido ao *offset* de algumas das estações estar descalibrado nos seus dados de nível. Foi utilizado o menor valor absoluto (o mais negativo de todos), registrado na série do posto em análise, e somou o mesmo valor com o sinal oposto, para atribuir o ZERO aquele valor (rio seco). A partir deste valor, foram somados todos os valores com

o mesmo ajuste, para a correção do *offset*, e leitura do valor de cota correta para o ajuste do nível da estação. Este processo foi necessário devido ao fato de algumas das estações não estarem corretamente ajustada ao nível da régua do rio. Este ajuste foi feito no período de dados até a data da visita da equipe de campo, que fez o procedimento necessário para a correção dos dados *in loco*. Após a correção do *offset* feito pela equipe de campo, não houve mais a necessidade de se utilizar este ajuste, pois as estações foram recalibradas baseadas nas respectivas seções de réguas junto do posto.

Todos os dados foram separados de acordo com o desenvolvimento das suas análises. O software Manejo de Dados, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS) foi utilizado para algumas análises estatísticas. Foram calculados os dados do Q90, Q95, Q50, Q10, valores máximos observados, tempos de retornos de 05, 10, 25, 50 anos e as médias mensais dos postos analisados (as tabelas geradas são muito extensas para a inserção neste documento).

Foram feitas também análises entre os postos que estavam inseridos nas mesmas localidades, para a comparação dos dados apresentados. Alguns dados foram descartados, devido à discrepância em seus valores. Ainda não foi feito um preenchimento de falhas, pois dependendo do modelo hidrológico a ser utilizado, o preenchimento é feito automaticamente.

2.3- Identifica alguma dificuldade de caráter metodológico na pesquisa?

Este início do projeto foi bastante exaustivo, visto que foi necessária a compilação de todos os dados existentes para a bacia hidrográfica em estudo. Foram recebidos dados de diversas fontes, como ANA, APAC, INPE, INMET, CEMADEN e SEMARH/AL. Cada fornecedor de dados apresenta sua formatação própria, sendo necessário um estudo minucioso nos dados, posto por posto.

A dificuldade para o desenvolvimento dos próximos tópicos será trabalhar com dados horários, visto que são poucos postos disponíveis, e as séries apresentadas são curtas (a partir de 2011), o que poderá ser um entrave na calibração dos modelos a serem trabalhados.

Para superar essa dificuldade serão analisadas duas possibilidades, uma delas é calibrar o modelo com dados diários, cujas séries são mais extensas, e posteriormente utilizar os parâmetros em uma configuração horária do modelo. Outra opção, sugerida pela Keyla Santos, pesquisadora da CPRM, é a transformação dos dados diários em dados horários para serem inseridos no modelo já configurado na escala horária. A

calibração pode ser refinada com o passar do tempo e com a continuidade do monitoramento telemétrico.

2.4- Identifica a necessidade de alterar e/ou complementar o Plano de Trabalho? Quais etapas? Explique.

Os itens 1.1.2.3.4. Curvas-chave e 1.1.2.3.5. Perfil Longitudinal, estão relacionados com a consistência dos dados de vazão. Esta etapa ainda não foi finalizada, pois aguarda-se o retorno da ANA com os dados de curva-chave. Por isso, solicitamos a inclusão deste tópico para finalização no mês de outubro de 2018.

As vazões de referência, referentes ao item 1.1.2.3.3., foram geradas a partir do software Manejo de Dados do IPH para os dados disponibilizados pelo Hidroweb e ainda devem ser confirmadas após a consistência das vazões. Ainda é necessário realizar os cálculos para as demais estações da SEMARH/AL. Essa etapa deve avançar o mês de outubro de 2018.

O item 1.1.4. Dados de Uso e Ocupação do Solo. Os dados de solo disponíveis são antigos e não condizem com a realidade atual. A utilização ou não dessa informação irá depender da configuração do modelo hidrológico. Caso seja necessário, buscaremos informações mais recentes de uso e ocupação do solo.

O item 1.1.6. Levantamento de dados de previsão de precipitação, irá depender da configuração do modelo hidrológico. Em um primeiro momento optou-se em focar nos dados observados para realizar as primeiras simulações. Vista a viabilidade de se utilizar dados de previsão de precipitação, essas informações serão incluídas.

3. RESULTADOS, DISCUSSÃO E ANÁLISE DO PROGRESSO DA PESQUISA

3.1- Quais foram as atividades constante do seu Plano de Trabalho realizadas até momento?

As atividades realizadas durante o primeiro trimestre de desenvolvimento da pesquisa são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Andamento das Atividades do Plano de Trabalho no primeiro trimestre.

Item	Atividade	Status
1.1.1	Pesquisa Bibliográfica	Concluído
1.1.2	Levantamento dos dados existentes	
1.1.2.1	Dados hidrológicos	Concluído
1.1.2.2	Dados meteorológicos e climáticos	Concluído
1.1.2.3	Caracterização hidrológica da Bacia	Concluído

Item	Atividade	Status
1.1.2.3.1	Precipitação máxima e média	Concluído
1.1.2.3.2	Vazões máximas, médias e mínimas	Em andamento
1.1.2.3.3	Curvas de permanência e vazões de referência	Em andamento
1.1.2.3.4	Curvas-chave	Em andamento
1.1.2.3.5	Perfil longitudinal	Em andamento
1.1.3	Levantamento das imagens de alta resolução da SEMARH/AL	Concluído
1.1.4	Dados de Uso e Ocupação do Solo	Adiado
1.1.5	Levantamento de eventos críticos de inundação	Concluído
1.1.6	Levantamento de dados de previsão de precipitação	Adiado
1.2	Análise de consistência e preenchimento de falhas	Em andamento
1.3	Compilação e integração dos dados	Em andamento
1.4	Seleção dos municípios a serem trabalhados	Concluído
1.5	Visitas de campo	Em andamento

3.2- Apresente e discuta os resultados obtidos decorrentes dessas atividades realizadas.

Subetapa 1.1.1 Pesquisa Bibliográfica

Foram selecionadas pesquisas feitas anteriormente para as bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Meio e do Rio Mundaú, bacia localizada ao lado da região em estudo, necessário devido à deficiência de dados inseridos na área de estudo.

Entre os estudos selecionado cita-se: o “Plano Diretor dos Recursos Hídricos dos Rios Paraíba, Sumaúma e Remédios”, desenvolvido pela COTEC – Consultoria Técnica LTDA (2001) e o documento “Estudos das características físicas e sócio-econômicos da Bacia do Rio Paraíba” (1999). Vale ressaltar que estes documentos são antigos e em algumas informações ultrapassadas, porém, não existem documentos mais recentes. Foram separados também alguns trabalhos de mestrado e TCC, além da Tese de Doutorado da bolsista local, que a área de estudo foi a mesma do projeto proposto.

Subetapa 1.1.2 Levantamento dos dados existentes

Subetapa 1.1.2.1 Dados hidrológicos

Foram consultados os bancos de dados da SEMARH/AL, da ANA, através do Hidroweb, e do CEMADEN, através do Mapa Iterativo. Foram separados todos os dados hidrológicos existentes (Cotas, vazões e curvas de descargas) da região em estudo. Os dados foram separados em dois tipos: diários e horários. De acordo com reunião com o supervisor da SEMARH/AL Vinicius Pinho, ficou acordado que as vazões que

apresentam dados de 15 em 15 min serão transformadas para dados horários (este processo já foi finalizado).

Os postos analisados estão listados nas Tabela 2 a Tabela 7 e os mapas com a localização das estações são apresentados nas Figura 1 e Figura 2.

Tabela 2 - Postos fluviométricos com dados diários nos municípios inseridos nas bacias hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba.

CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	Latdec	Longdec	ALTITUDE	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
39720000	São José da Laje	Mundaú	Alagoas	S 9° 0' 15.12"	W 36° 3' 3.96"	-9,0117	-36,0559	256.54	CPRM	1991	2018
39745000	União dos Palmares	Mundaú	Alagoas	S 9° 10' 59.16"	W 36° 2' 36.96"	-9,1831	-36,0436	137.0	CPRM	2012	2014
39760000	Murici	Mundaú	Alagoas	S 9° 18' 48.96"	W 35° 56' 58.92"	-9,3140	-35,9507	82.0	CPRM	1966	2018
39770000	Rio Largo	Mundaú	Alagoas	S 9° 28' 1.92"	W 35° 51' 34.92"	-9,4672	-35,8597	42.0	CPRM	1974	2018
39850000	Quebrangulo	Paraíba	Alagoas	S 9° 19' 0.84"	W 36° 28' 27.84"	-9,3169	-36,4744		ANA	1990	2011
39852000	Quebrangulo	Paraíba	Alagoas	S 9° 21' 56.16"	W 36° 25' 9.84"	-9,3656	-36,4194	353.67	CPRM	2011	2014
39870000	Atalaia	Paraíba	Alagoas	S 9° 30' 24.12"	W 36° 1' 22.08"	-9,5067	-36,0228	54.14	CPRM	1977	2017
39890000	Viçosa	Paraíba	Alagoas	S 9° 22' 45.12"	W 36° 14' 57.12"	-9,3792	-36,2492	212.0	ANA	1989	2007
39690000	Correntes	Mundaú	Pernambuco	S 9° 7' 55.92"	W 36° 19' 23.16"	-9,1322	-36,3231	s/i	CPRM	2009	2014
39800000	Brejão	Paraíba	Pernambuco	S 9° 2' 21.84"	W 36° 35' 53.88"	-9,0394	-36,5983	s/i	CPRM	2004	2014
39689000	Correntes II	Mundaú	Pernambuco	S 9° 7' 27.12"	W 36° 20' 21.12"	-9,1242	-36,3392	384.08	CPRM	2011	2014

Tabela 3 - Postos fluviométricos com dados horários nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	Latdec	Longdec	ALTITUDE	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
39870000	Atalaia	Paraíba	Alagoas	S 9° 30' 24.12"	W 36° 1' 22.08"	-9,5067	-36,0228	54.14	CPRM	2011	2018
39860000	Viçosa	Paraíba	Alagoas	S 9° 22' 45.12"	W 36° 14' 57.12"	-9,3774	-36,2463	s/i	CPRM	2012	2018
39800000	Brejão	Paraíba	Pernambuco	S 9° 2' 21.84"	W 36° 35' 53.88"	-9,0394	-36,5983	s/i	CPRM	2011	2018

Tabela 4 - Postos fluviométricos com dados de níveis horários nos municípios inseridos nas bacias hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba.

CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	Latdec	Longdec	ALTITUDE	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
39863000	Cajueiro	Paraíba	Alagoas	S 9° 22' 32.16"	W 36° 9' 38.88"	-9,3922	-36,1488	s/i	CPRM	2012	2018
39866000	Capela	Paraíba	Alagoas	S 9° 23' 20.04"	W 36° 6' 36.00"	-9,3783	-36,1198	s/i	CPRM	2013	2018
39852000	Quebrangulo	Paraíba	Alagoas	S 9° 21' 56.16"	W 36° 25' 9.84"	-9,3197	-36,4733	353.67	CPRM	2011	2018
39855000	Paulo Jacinto	Paraíba	Alagoas	S 9° 22' 6.96"	W 36° 22' 28.92"	-9,3686	-36,3747	s/i	SEMARH	2012	2018
39860000	Viçosa	Paraíba	Alagoas	S 9° 22' 45.12"	W 36° 14' 57.12"	-9,3792	-36,2492	212.0	CPRM	2011	2018
39870000	Atalaia	Paraíba	Alagoas	S 9° 30' 24.12"	W 36° 1' 22.08"	-9,5067	-36,0230	54.14	CPRM	2011	2018
39575000	Canhotinho	Mundaú	Pernambuco	S 8° 52' 57.00"	W 36° 13' 6.96"	-8,8817	-36,2186	511.11	CPRM	2011	2018
39689000	Correntes II	Mundaú	Pernambuco	S 9° 7' 27.12"	W 36° 20' 21.12"	-9,1242	-36,3392	384.08	CPRM	2011	2018
39715000	Palmerina	Mundaú	Pernambuco	S 9° 0' 6.84"	W 36° 19' 35.04"	-9,0019	-36,3264	s/i	CPRM	2011	2018
39800000	Brejão	Paraíba	Pernambuco	S 9° 2' 21.84"	W 36° 35' 53.88"	-9,0394	-36,5983	s/i	CPRM	2011	2018

Tabela 5 - Postos pluviométricos convencionais ativos dados diários.

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	COMPLEMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
21	Pluviômetro convencional	Marechal Deodoro	CINAL	Paraíba	Alagoas	-9,67940	-35,8246	CINAL	1994	2018
104	Pluviômetro convencional	Maceió	Usina cachoeira	CELMM	Alagoas	-9,45000	-35,7167	Usina	2001	2018
108	Pluviômetro convencional	Cajueiro	Usina Capricho	Paraíba	Alagoas	-9,37670	-36,1603	Usina	1994	2018
113	Pluviômetro convencional	União dos Palmares	Usina Laginha	Mundaú	Alagoas	-9,18330	-36,0333	Usina	1995	2018
125	Pluviômetro convencional	São José da Lage	Usina Serra Grande	Mundaú	Alagoas	-9,98330	-36,0667	Usina	1994	2018
128	Pluviômetro convencional	Marechal Deodoro	Usina Sumaúma	Paraíba	Alagoas	-9,73330	-35,8667	Usina	1994	2018
129	Pluviômetro convencional	Pilar	Usina Terra Nova (Sede)	Paraíba	Alagoas	-9,58600	-36,0016	Usina	1995	2018
132	Pluviômetro convencional	Marechal Deodoro	Usina Terra Nova (Hortelã)	Paraíba	Alagoas	-9,68580	-35,9161	Usina	2001	2018

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	COMPLEMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
135	Pluviometro convencional	Boca da Mata	Usina Triunfo	Estiva/CELMM	Alagoas	-9,65000	-36,2000	Usina	1995	2018
232	Pluviometro convencional	Satuba	Usina Utinga Leão (Faz Primavera)	Mundaú	Alagoas	-9,59000	-35,8700	Usina	2010	2018
233	Pluviometro convencional	Murici	Usina Utinga Leão (Faz Uruçu)	Mundaú	Alagoas	-9,40000	-35,8800	Usina	2010	2018
52	Pluviômetro	Angelim		Mundaú	Pernambuco	-8,8883	-36,2861	APAC	1995	2018
20	Pluviômetro	Belo Jardim		Una	Pernambuco	-8,3367	-36,4253	APAC	1995	2018
17	Pluviômetro	Bom Conselho		Paraíba	Pernambuco	-9,1725	-36,6928	APAC	1995	2018
293	Pluviômetro	Brejão	IPA	Paraíba	Pernambuco	-9,0158	-36,535	APAC	2006	2018
443	PCD	Brejão		Paraíba	Pernambuco	-9,0161	-36,5356	APAC	2002	2018
53	Pluviômetro	Canhotinho		Canhoto	Pernambuco	-8,8825	-36,1936	APAC	1995	2018
22	Pluviômetro	Correntes		Mundaú	Pernambuco	-9,1286	-36,3283	APAC	1995	2018
303	Pluviômetro	Correntes	Poço Comprido	Mundaú	Pernambuco	-9,1167	-36,3167	APAC	2002	2002
19	Pluviômetro	Garanhuns		Paraíba	Pernambuco	-8,8833	-36,4878	APAC	1995	2018
18	Pluviômetro	Pesqueira		Una	Pernambuco	-8,3531	-36,6972	APAC	1995	2018

Tabela 6 - Postos pluviométricos convencionais inativos dados diários.

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	COMPLEMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	ALTITUDE	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
136	Pluviometro convencional	Atalaia	Usina Uruba	Paraíba	Alagoas	-9,58550000	-35,95270000	s/i	Usina	2001	2014
217	Pluviometro convencional	Maceió			Alagoas	-9,62150000	-35,69570000	s/i	SEMARH	2009	2014
223	Pluviometro convencional	Capela	Usina capricho (Faz Corumbá)	Paraíba	Alagoas	-9,28000000	-36,09000000	s/i	Usina	2009	2018
227	Pluviometro convencional	União dos Palmares	Usina Capricho (Faz São José)	Mundaú	Alagoas	-9,20000000	-36,10000000	s/i	Usina	2009	2017
237	Pluviometro convencional	Atalaia	Usina Capricho (Faz Cajazeiras)	Paraíba	Alagoas	-9,42520000	-36,05050000	s/i	Usina	2010	2017
278	Pluviometro convencional	Atalaia	Usina Capricho (Faz. Vitória)	Paraíba	Alagoas	-9,51060000	-36,14370000	s/i	Usina	2015	2017

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	COMPLEMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	ALTITUDE	OPERADOR A	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
16	Pluviômetro	Arco Verde	IPA	Acima do Mundaú	Pernambuco	-8,4336	-37,0556	s/i	APAC-PE	1995	2011
47	Pluviômetro	Arco Verde		Acima do Mundaú	Pernambuco	-8,4333	-37,0667	s/i	APAC-PE	1995	1997
206	Pluviômetro	Arco Verde		Acima do Mundaú	Pernambuco	-8,4317	-37,0603	s/i	APAC-PE	1997	2009
231	Pluviômetro	Arco Verde		Acima do Mundaú	Pernambuco	-8,4336	-37,0556	s/i	APAC-PE	1997	2011
517	Pluviômetro	Arco Verde	Faz Quixaba	Acima do Mundaú	Pernambuco	-8,3047	-36,9164	s/i	APAC-PE	2001	2004
210	Pluviômetro	Bom Conselho		Paraíba	Pernambuco	-9,1725	-37,1547	s/i	APAC-PE	1995	1997
156	Pluviômetro	Brejão		Paraíba	Pernambuco	-9,0261	-36,5661	s/i	APAC-PE	1995	2007
157	Pluviômetro	Jucati		Acima do Paraíba	Pernambuco	-8,7067	-36,4928	s/i	APAC-PE	1995	2011
142	Pluviômetro	Jupi	Sítio Genipapo	Acima do Paraíba	Pernambuco	-8,7278	-36,4233	s/i	APAC-PE	1995	2007
126	Pluviômetro	Jurema		Acima do Una	Pernambuco	-8,7181	-36,1369	s/i	APAC-PE	1995	2007
23	Pluviômetro	Lajedo		Una	Pernambuco	-8,66	-36,3269	s/i	APAC-PE	1995	2001
128	Pluviômetro	Lajedo		Una	Pernambuco	-8,6556	-36,3178	s/i	APAC-PE	1995	2007
154	Pluviômetro	Paranatama		Paraíba	Pernambuco	-8,9192	-36,6583	s/i	APAC-PE	1995	2007
506	PCD	Pesqueira		Una	Pernambuco	-8,2667	-36,7000	s/i	APAC-PE	2000	2002
153	Pluviômetro	Saloá		Paraíba	Pernambuco	-8,9694	-36,6917	s/i	APAC-PE	1995	2007
936007	Pluviométrica	Bom Conselho	Pau Branco (Ipiratinga)	Paraíba	Pernambuco	-9,1833	-36,9000	300	SUDENE	1963	1988
936009	Pluviométrica	Bom Conselho	Quati	Paraíba	Pernambuco	-9,1166	-36,7667	487	SUDENE	1963	1993
936000	Pluviométrica	Bom Conselho	Barra dos Brejos	Paraíba	Pernambuco	-9,2000	-36,6166	500	SUDENE	1962	1993
936001	Pluviométrica	Bom Conselho		Paraíba	Pernambuco	-9,1667	-36,6833	654	APAC-PE	1934	1985
936003	Pluviométrica	Brejão		Paraíba	Pernambuco	-9,0500	-36,5000	620	SUDENE	1962	1989
836008	Pluviométrica	Caetés		Mundaú	Pernambuco	-8,7833	-36,6333	854	SUDENE	1962	1989
836026	Pluviométrica	Canhotinho	Paquevira (Glicério)	Mundaú	Pernambuco	-8,9167	-36,1166	623	SUDENE	1963	1991
836027	Pluviométrica	Paranatama	Itacoatiara	Paraíba	Pernambuco	-8,9167	-36,6666	830	SUDENE	1962	1990
836014	Pluviométrica	Garanhuns		Mundaú	Pernambuco	-8,8833	-36,5166	823	INMET	1913	1985

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	COMPLEMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	ALTITUDE	OPERADORA	INÍCIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
836017	Pluviométrica	Garanhuns		Mundaú	Pernambuco	-8,8833	-36,4833	842	SUDENE	1930	1958
836013	Pluviométrica	Garanhuns	Açude Garanhuns	Mundaú	Pernambuco	-8,9500	-36,5166	842	DNOCS	1962	1968
836015	Pluviométrica	Garanhuns		Mundaú	Pernambuco	-8,8833	-36,4833	866	APAC-PE	1920	1985
936004	Pluviométrica	Correntes		Mundaú	Pernambuco	-9,1167	-36,3333	391	APAC-PE	1934	1989

Tabela 7 - Postos pluviométricos digitais ativos dados horários.

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	RESPONSÁVEL	OPERADORA	INÍCIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
7	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Atalaia	Paraíba	Alagoas	-9,51000000	-36,01000000	ANA	CPRM	2005	2018
75	Estação Meteorológica	Palmeira dos Índios	Paraíba	Alagoas	-9,45000000	-36,70000000	INMET	INMET	2008	2018
92	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Rio Largo	Mundaú	Alagoas	-9,46720000	-35,85970000	ANA	CPRM	2008	2010
216	Estação Meteorológica	Maceió		Alagoas	-9,55130000	-35,77050000	INMET	INMET	2008	2018
248	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Viçosa	Paraíba	Alagoas	-9,37910000	-36,24910000	ANA	CPRM	2010	2018
266	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Quebrangulo	Paraíba	Alagoas	-9,33560000	-36,41940000	ANA	CPRM	2011	2018
267	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Brejão	Mundaú	Pernambuco	-9,03910000	-36,59520000	ANA	CPRM	2011	2018
268	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Correntes	Mundaú	Pernambuco	-9,13080000	-36,33070000	ANA	CPRM	2011	2018
270	Pluviômetro Digital da estação hidrológica	Canhotinho	Mundaú	Pernambuco	-8,89000000	-36,19610000	ANA	CPRM	2011	2018
297	Pluviômetro digital	Capela	Paraíba	Alagoas	-9,41300000	-36,07700000	CEMADEN	CEMADEN	2014	2018
308	Pluviômetro digital	Quebrangulo	Paraíba	Alagoas	-9,31800000	-36,47100000	CEMADEN	CEMADEN	2017	2018
330	Pluviômetro digital	Cajueiro	Paraíba	Alagoas	-9,39320000	-36,14570000	CEMADEN	CEMADEN	2018	2018
338	Pluviômetro digital	Palmeira dos Índios	Paraíba	Alagoas	-9,49020000	-37,65540000	CEMADEN	CEMADEN	2017	2018
340	Pluviômetro digital	Quebrangulo	Paraíba	Alagoas	-9,31970000	-36,47330000	CEMADEN	CEMADEN	2017	2018
260240701C	Pluviômetro digital	Brejão	Paraíba	Pernambuco	-9,046416	-36,569472	CEMADEN	CEMADEN		
260320701A	Pluviômetro digital	Caetés	Mundaú	Pernambuco	-8,773333	-36,621667	CEMADEN	APAC		
261030101A	Pluviômetro digital	Paranatama	Paraíba	Pernambuco	-8,9226	-36,661431	CEMADEN	APAC		

CÓDIGO	TIPO	LOCALIZAÇÃO	BACIA HIDROGRÁFICA	ESTADO	Latdec	Longdec	RESPONSÁVEL	OPERADORA	INICIO DA SERIE	FINAL DA SERIE
261230701A	Pluviômetro digital	Saloá	Paraíba	Pernambuco	-8,970842	-36,668694	CEMADEN	APAC		
260210001C	Pluviômetro digital	Bom Conselho	Paraíba	Pernambuco	-9,184638	-36,710027	CEMADEN	CEMADEN		
260100301A	Pluviômetro digital	Angelim	Mundaú	Pernambuco	-8,888056	-36,286389	CEMADEN	CEMADEN		
260860201A	Pluviômetro digital	Lagoa do Ouro	Paraíba	Pernambuco	-9,120547	-36,462394	CEMADEN	APAC		
261010301A	Pluviômetro digital	Palmeirina	Mundaú	Pernambuco	-9,000278	-36,334722	CEMADEN	CEMADEN		

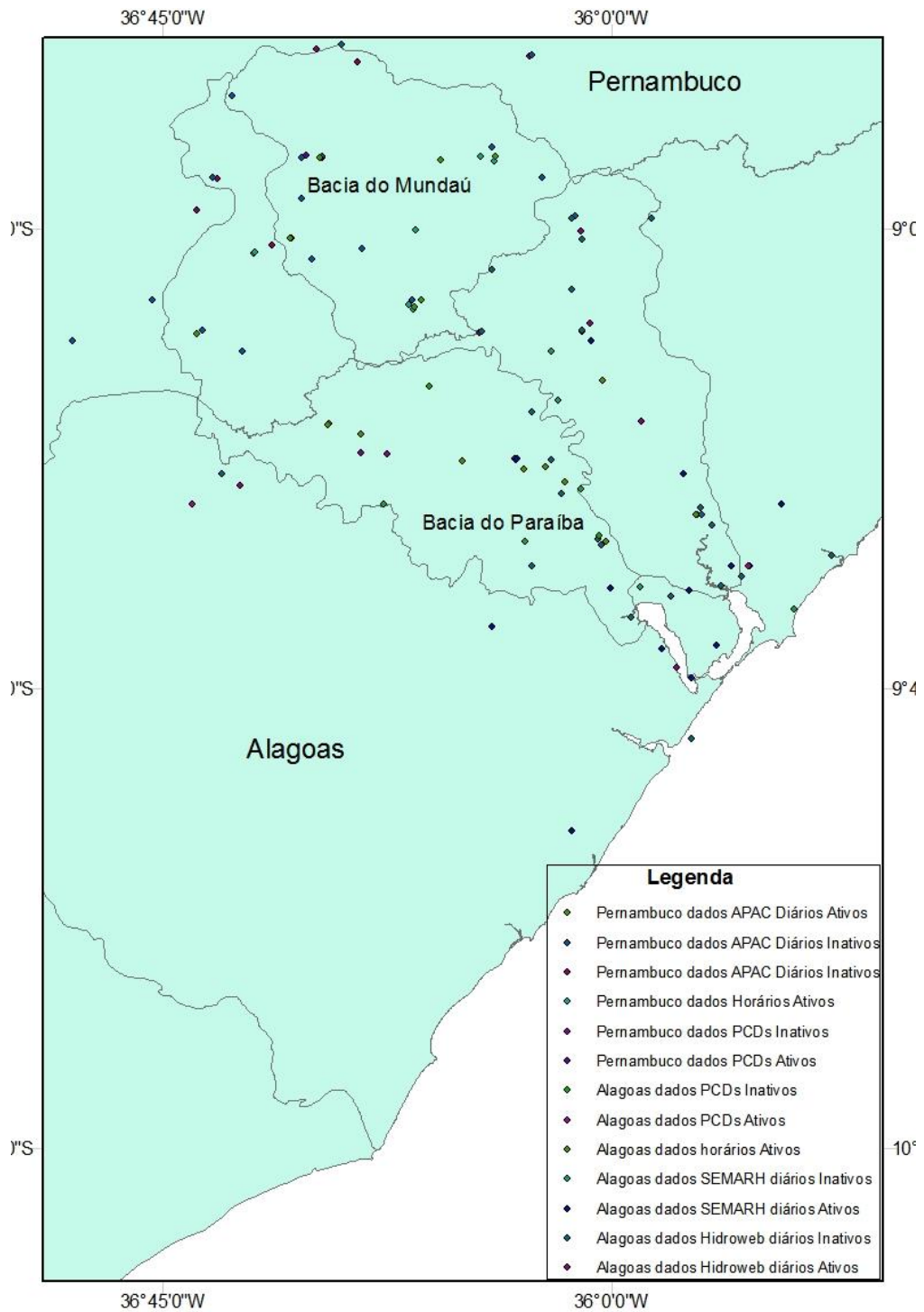


Figura 1 - Localização dos postos ativos e inativos nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Meio e Mundaú.

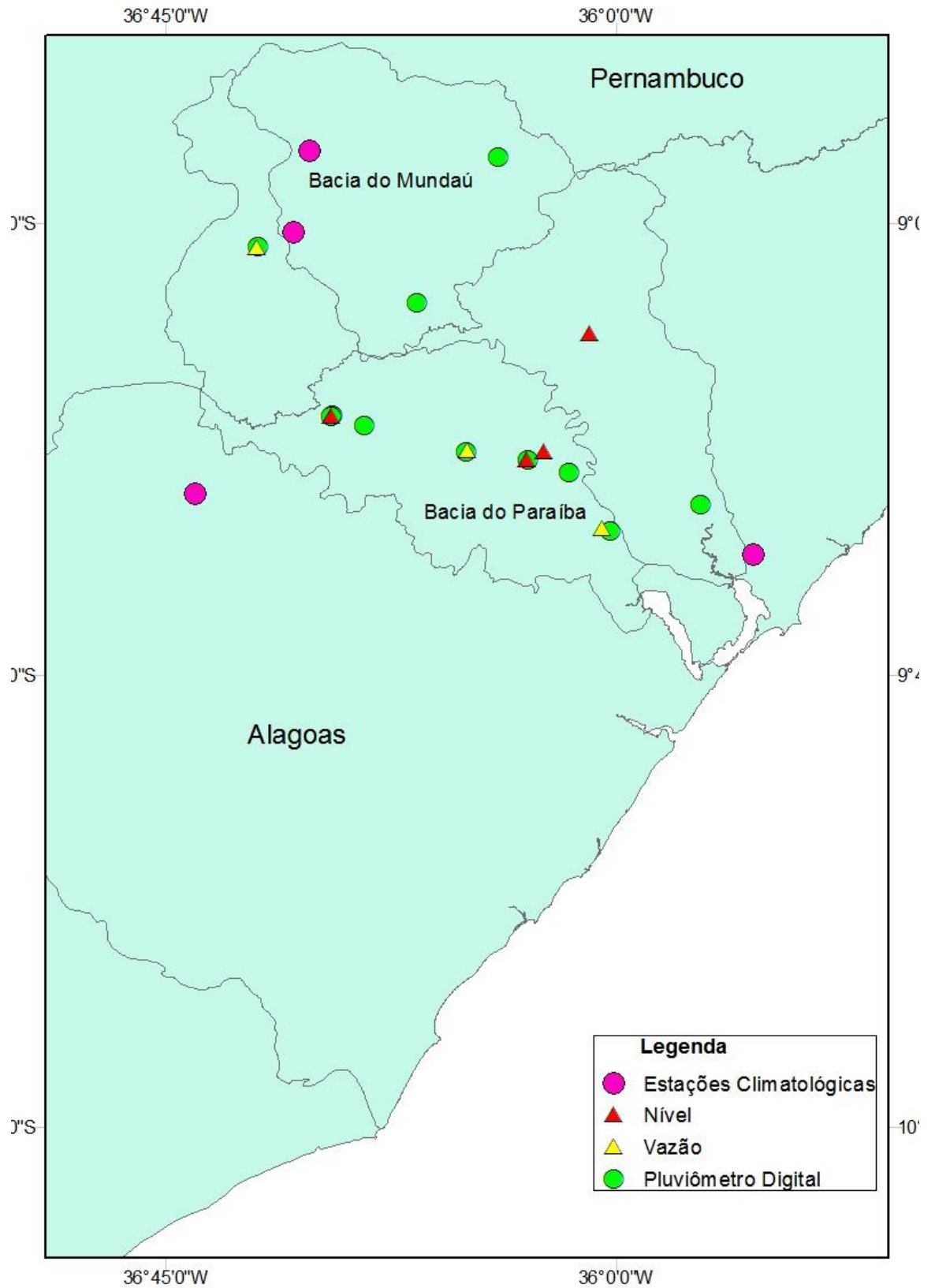


Figura 2 - Localização dos postos com dados horários nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Meio e Mundaú.

Subetapa 1.1.2.2 Dados meteorológicos e climáticos

Foram consultados os bancos de dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, recebidos via CD após solicitação, e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, através do SINDA. A estação Palmeira dos Índios é a que apresenta dados climáticos mais representativos da região. Entretanto, serão avaliadas as demais estações meteorológicas para interpolação das informações.

Recentemente, verificamos a existência de dados meteorológicos para todo o Brasil, disponibilizados em formato grid e escala diária para o período de 1980 a 2017 disponibilizado por Xavier et al. (2016).

Subetapa 1.1.2.3 Caracterização hidrológica da Bacia

Boa parte das informações sobre os regimes hidrológicos e meteorológicos que atuam na região em estudo já foram levantados durante a tese de Doutorado da bolsista local e serão aqui brevemente citados e referenciados.

O trabalho de pesquisa será realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio, localizada nos Estados de Alagoas e Pernambuco, região Nordeste do Brasil (Figura 3). A bacia possui uma área total de aproximadamente 3.127,83 km², com perímetro de 478,00 km, cerca de 38% inserido no Estado de Pernambuco e 62% no Estado de Alagoas (GAMA, 2013).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio apresenta a máxima altitude de 940 m, próximo ao povoado de Ponta Alegre, município de Caetés em Pernambuco e a menor altitude é na desembocadura do rio (Lagoa Manguaba, zona do Litoral alagoano, faixa de 2 m). A declividade média da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio é de 1,67% (SEPLAN, 1999 apud MEDEIROS 2017). Segundo a SEPLAN (1999) apud MEDEIROS (2017), a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio apresenta uma cota média na faixa de 650 m (Estado de Pernambuco) e complementada por uma cota média de 200 m (Território Alagoano), a mesma apresentar uma elevação média de 369 m.

A caracterização da área de estudo, com descrição da localização, área da bacia, municípios inseridos, rede hidrográfica com os principais afluentes e geomorfologia estão mais detalhadas em SEPLAN (1999) apud MEDEIROS (2017).

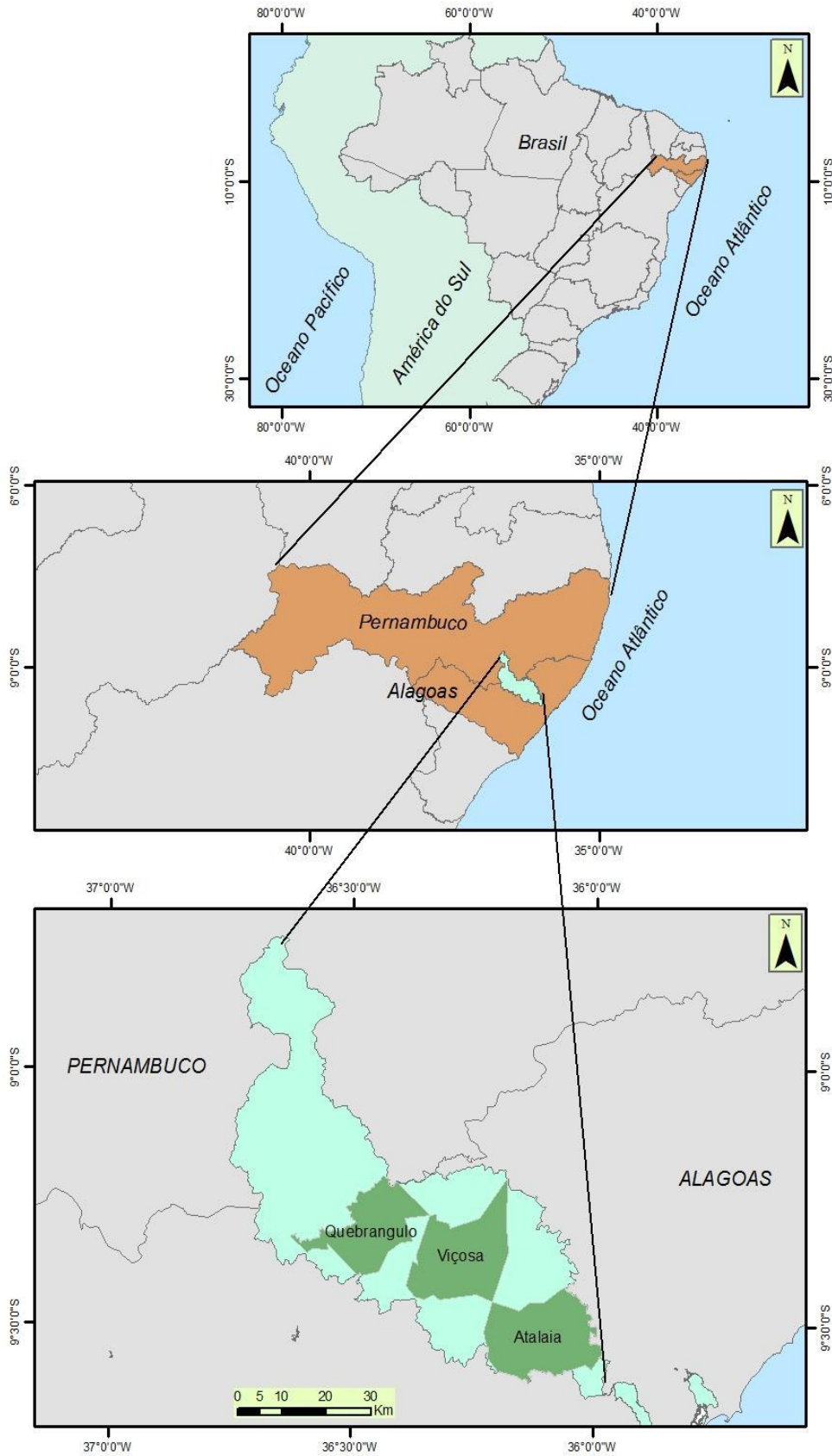


Figura 3 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba com os principais municípios.

Referente aos tipos de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio, existe o predomínio variado na ocorrência de solos com propriedades bastante distintas, destacando-se em termos de extensão os Argissolos, Regossolos, Planossolos, Argissolos Vermelho Amarelo, Solos Aluviais e Gleissolos (Figura 4). as principais informações referentes a cada tipo de solo estão descritas em GAMA (2013).

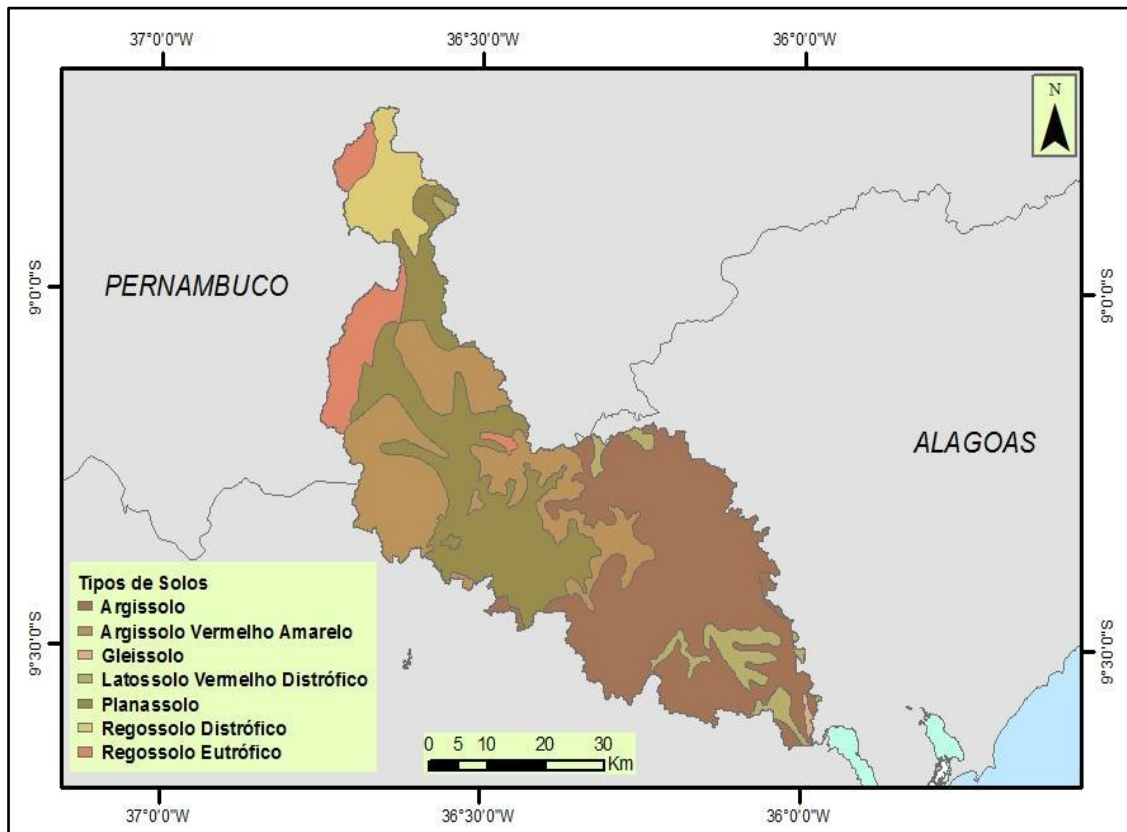


Figura 4 - Mapa de Solos. Fonte: Adaptado de GAMA (2013).

A cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio apresenta características fitogeográficas da zona da caatinga, representada pelo Agreste, Mata e Litoral nos Estados de Alagoas, e pela zona do Agreste, no Estado de Pernambuco. Seu revestimento vegetal apresenta características distintas, em função das condições edafoclimáticas e relevo. São encontradas também áreas de Mata Tropical de encosta do tipo subperenifólio e subcaducifólio, nos alto e médio vales, com algumas manchas de cerrado, e na Baixada Litorânea vegetação de restinga (Francês - Taperaçuá - Massagueira) um pouco conservada. Na planície lagunar aparecem os mangues dos solos salobros, e nos mais arenosos, o mangue de porte lenhoso, chamado Seriba (GAMA, 2013).

As áreas menos úmidas dos municípios de Bom Conselho-PE, Terezinha-PE, Saloá-PE e Garanhuns-PE apresentam o predomínio da vegetação de caatinga hipo e hiperxerófila de espécie decíduas, que variam de arbórea a arbustiva, dotadas de espinhos e com abundância de cactáceas e bromeliáceas, correspondentes às subzonas do agreste e sertão central. As condições climáticas condicionam o aparecimento de uma cobertura vegetal dispersa (Caatinga) com variações para arbórea densa e arbórea aberta, e trechos de vegetação florestal secundária, devido à intervenção antrópica (GAMA, 2013).

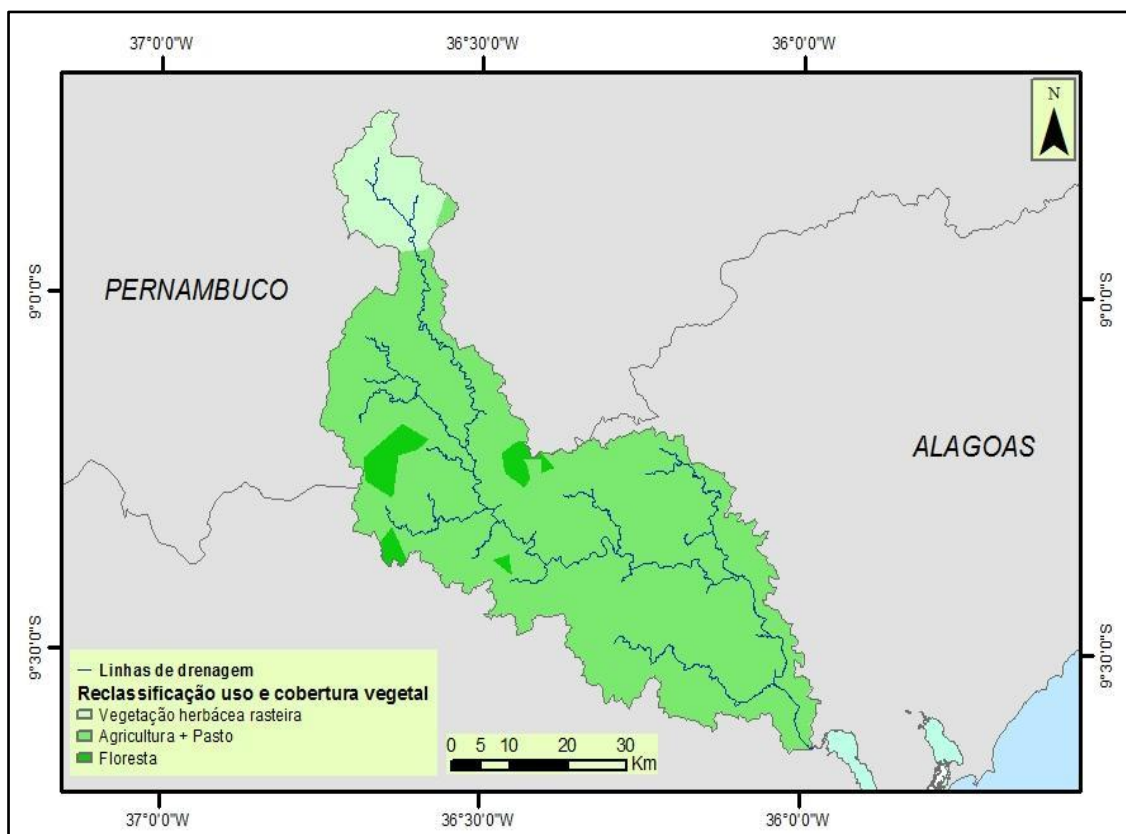


Figura 5 - Mapa de Uso e Cobertura Vegetal Reclassificado. Fonte: Adaptado de GAMA (2011).

Em relação ao clima, existem vários sistemas meteorológicos que causam chuvas na Costa Leste do Nordeste Brasileiro, onde a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba está inserida. Segundo MOLION e BERNARDO (2002), as Perturbações Ondulatórias nos Alísios (POA) geralmente estão associadas a sistemas convectivos e são um dos principais mecanismos responsáveis por elevadas taxas de precipitação sobre esta região (MEDEIROS, 2017).

Os mecanismos dinâmicos que produzem chuvas na Região Nordeste do Brasil podem ser classificados em mecanismos de grande escala, responsáveis por cerca de 60,00% a 70,00% da precipitação observada, e mecanismos de meso e microescala,

que completam os totais observados. Dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os Sistemas Frontais e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas marinha e terrestre fazem parte da mesoescala, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas constituem-se fenômenos da microescala. Destacam-se também os Vórtices Ciclônicos de Altos níveis (VCAN's), Ondas de Leste e linhas de estabilidade tropical. Para os eventos de grande escala, pode-se destacar o El Niño e o La Niña (MOLION e BERNARDO, 2002).

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio inserida no Estado de Alagoas está situada numa área de clima tropical quente e chuvoso com verão seco do tipo As', segundo a classificação de Köppen, com sua estação chuvosa entre os meses de abril a julho. A pluviosidade média anual na região é de 1.600,00 mm, de acordo com os índices pluviométricos obtidos pelos postos pertencentes à SUDENE e ao DNAEE, nos municípios de Pilar, Atalaia, Capela, Mar Vermelho, Palmeira dos Índios, Pindoba, Quebrangulo e Viçosa. As temperaturas são bastante elevadas, com exceção das regiões serranas, onde por efeito da altitude, tornam-se mais amenas. A média anual é de aproximadamente 25°C. Sua temperatura média mensal mais elevada pode atingir 30°C. Os meses mais quentes são dezembro e fevereiro, enquanto o mais frio normalmente é o mês de julho (SEPLAN, 1999 apud RODRIGUES, 2012).

A Região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio inserida no Estado de Pernambuco está situada numa área onde o clima é tropical úmido (AM's), de acordo com a classificação de Köppen, com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.000,00 mm e 2.200,00 mm. Os meses mais chuvosos são entre março e julho, e os meses mais secos são entre outubro e dezembro. As temperaturas variam de acordo com a época de chuvas, com média anual próxima a 25°C. O período compreendido entre maio e agosto é caracterizado por noites frias, com temperaturas próximas a 18°C, principalmente nas áreas de altitudes mais elevadas, em contato com as encostas do Planalto da Borborema e mais expostas aos ventos de sudeste (BARROS, 2011).

Em alguns postos pluviométricos inseridos na região de Pernambuco, observou-se que as médias climatológicas são mais baixas que em áreas inseridas no estado de Alagoas. Explica-se este fato os municípios estarem inseridos em região do Semi-árido, onde o regime pluviométrico é diferente da região inserida na Zona-da-Mata Alagoana.

Subetapa 1.1.2.3.1 Precipitação máxima e média

Foram feitos todos os cálculos de médias climatológicas de Pernambuco (Figura 6 e Tabela 8) e Alagoas (Figura 8 e Tabela 9) e suas comparações com os valores máximos diários para todos os postos selecionados para a análise conforme exemplos explicativos na Figura 7, para Pernambuco, e na Figura 9, para Alagoas. Os demais gráficos constam no banco de dados da pesquisa. Os gráficos servem para a visualização dos meses e anos onde foram registrados eventos extremos de precipitação na região em estudo.

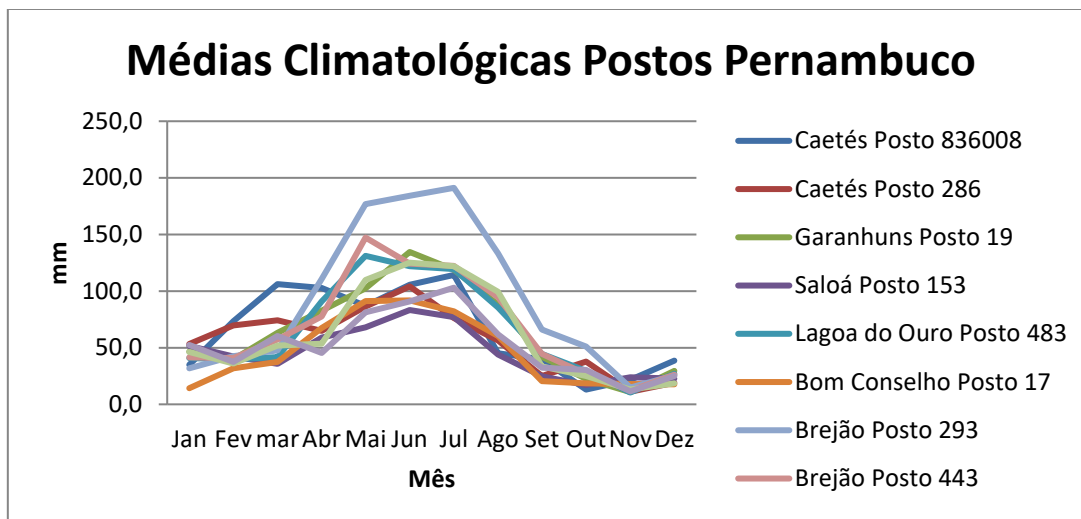


Figura 6 - Médias climatológicas de precipitação dos municípios de Pernambuco.

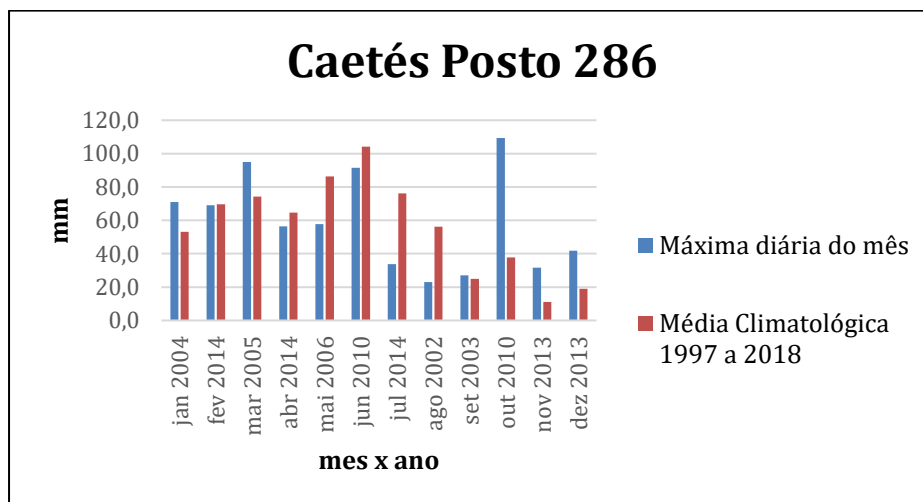


Figura 7 - Exemplo Explicativo dos gráficos com Valores das médias climatológicas e as máximas diárias registradas por mês no município de Caetés – Estado de Pernambuco.

Tabela 8 - Médias climatológicas mensais para os dados pluviométricos no estado de Pernambuco.

POSTO	Jan	Fev	mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Caetés Posto 836008	34,78	73,29	106,02	102,63	86,80	105,52	114,25	44,99	39,70	13,02	21,54	38,54
Caetés Posto 286	53,18	69,68	74,30	64,74	86,35	104,14	76,15	56,25	24,90	37,86	11,12	19,03
Garanhuns Posto 19	46,45	39,76	63,15	82,75	102,34	134,54	118,82	88,13	42,08	22,36	10,84	29,63
Saloá Posto 153	51,65	42,13	35,88	58,99	68,07	83,27	76,93	43,90	24,75	17,01	24,01	22,63
Lagoa do Ouro Posto 483	40,95	39,69	41,56	90,78	131,11	121,87	119,34	85,64	44,57	29,56	10,42	27,07
Bom Conselho Posto 17	14,22	31,81	37,49	67,50	91,06	91,78	82,10	60,32	20,43	18,51	17,98	17,59
Brejão Posto 293	31,85	42,60	47,56	110,57	176,77	184,27	191,18	133,33	65,90	50,98	14,81	25,49
Brejão Posto 443	41,45	40,83	57,38	77,70	147,25	124,38	122,31	94,56	44,47	26,59	12,19	26,28
Teresinha Posto 453	46,20	36,00	51,94	53,70	109,97	125,12	121,95	99,35	33,63	25,06	13,12	18,43
Paranatama Posto 154	52,41	37,53	60,34	45,29	81,13	90,95	102,99	61,85	32,36	30,37	11,46	25,11

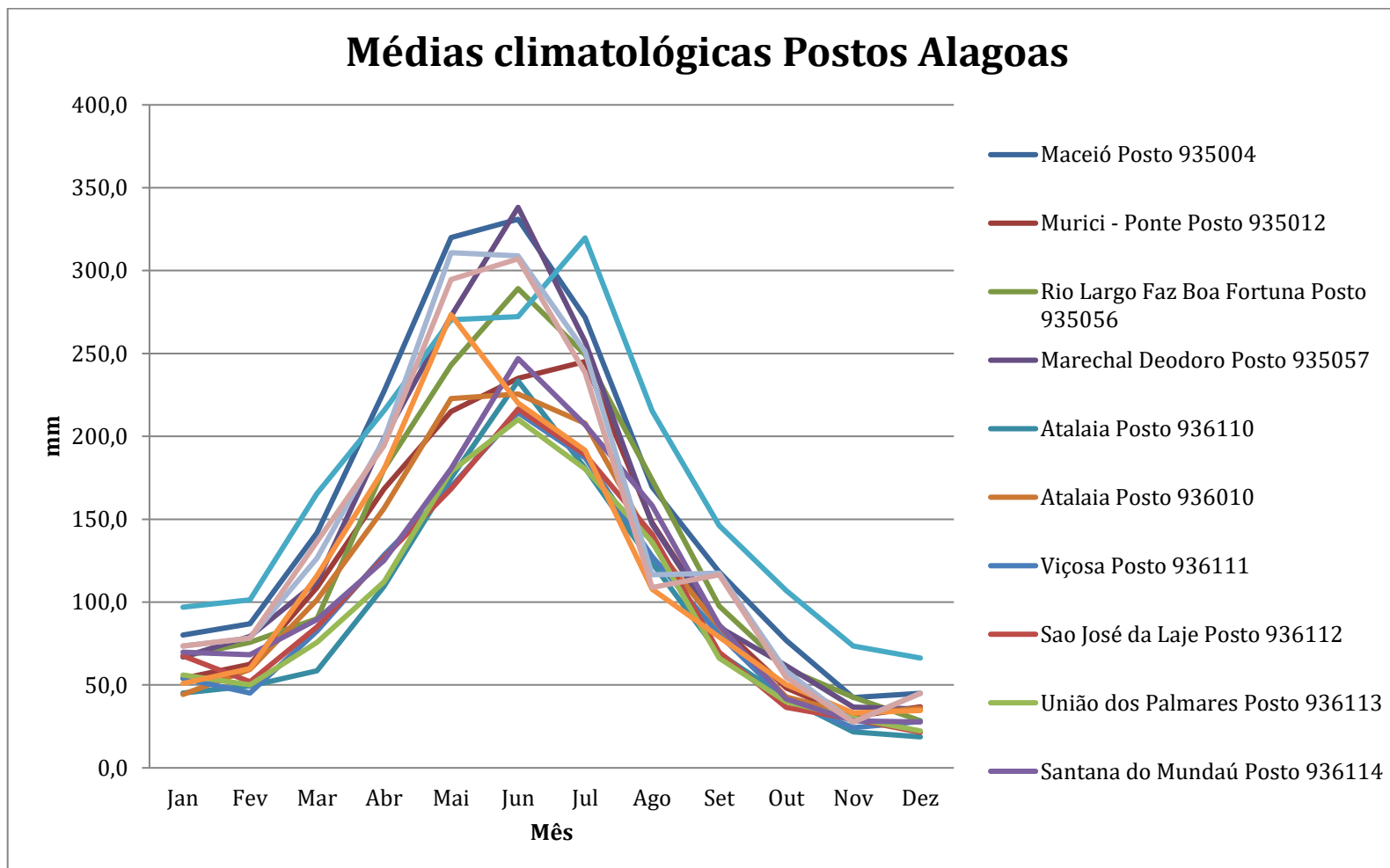


Figura 8 - Médias climatológicas de precipitação dos municípios de Alagoas.

Tabela 9 - Médias climatológicas mensais para os dados pluviométricos no estado de Alagoas.

POSTO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Maceió Posto 935004	80,06	86,90	141,79	227,25	319,95	331,00	271,70	169,45	118,10	76,89	42,44	44,96
Murici Ponte Posto 935012	53,92	62,42	108,80	168,24	215,05	234,96	245,16	147,97	86,11	48,17	30,91	36,78
Rio Largo Faz Boa Fortuna Posto 935056	67,19	75,70	89,92	180,33	242,99	289,15	249,24	173,66	97,67	59,92	42,65	28,44
Marechal Deodoro Posto 935057	66,90	79,22	112,29	198,82	272,60	338,19	257,13	147,11	84,96	61,62	36,65	35,50
Atalaia Posto 936110	45,13	49,49	58,56	109,59	174,91	233,46	180,80	123,69	69,11	42,04	21,68	18,70
Atalaia Posto 936010	44,23	59,43	101,35	156,58	222,82	225,55	207,94	135,84	84,68	42,74	32,44	35,93
Viçosa Posto 936111	54,05	45,21	82,47	128,44	169,59	214,32	187,15	127,57	80,41	40,96	24,24	28,08
Sao José da Laje Posto 936112	67,57	52,00	85,04	127,06	168,32	216,52	188,99	140,98	69,83	36,49	29,36	21,45
União dos Palmares Posto 936113	55,97	50,14	75,81	112,18	178,80	210,18	180,30	136,39	66,15	39,83	29,99	22,28
Santana do Mundaú Posto 936114	69,77	68,25	89,55	125,19	180,51	246,97	207,07	158,33	86,16	41,55	28,30	27,72
Ibateguara Posto 835073	96,89	101,33	165,50	215,46	270,28	272,31	319,74	215,33	146,14	106,96	73,58	66,28
Maceió Posto 935005	50,96	59,86	115,93	180,20	273,39	220,12	191,57	107,89	78,90	50,25	33,16	34,67
Pilar Posto 935014	73,54	78,25	126,53	198,19	310,83	308,94	251,17	116,54	117,54	58,39	27,59	45,02
Pilar Posto 935054	73,54	78,25	136,55	194,50	294,62	307,11	238,46	108,77	116,51	54,49	27,59	45,02

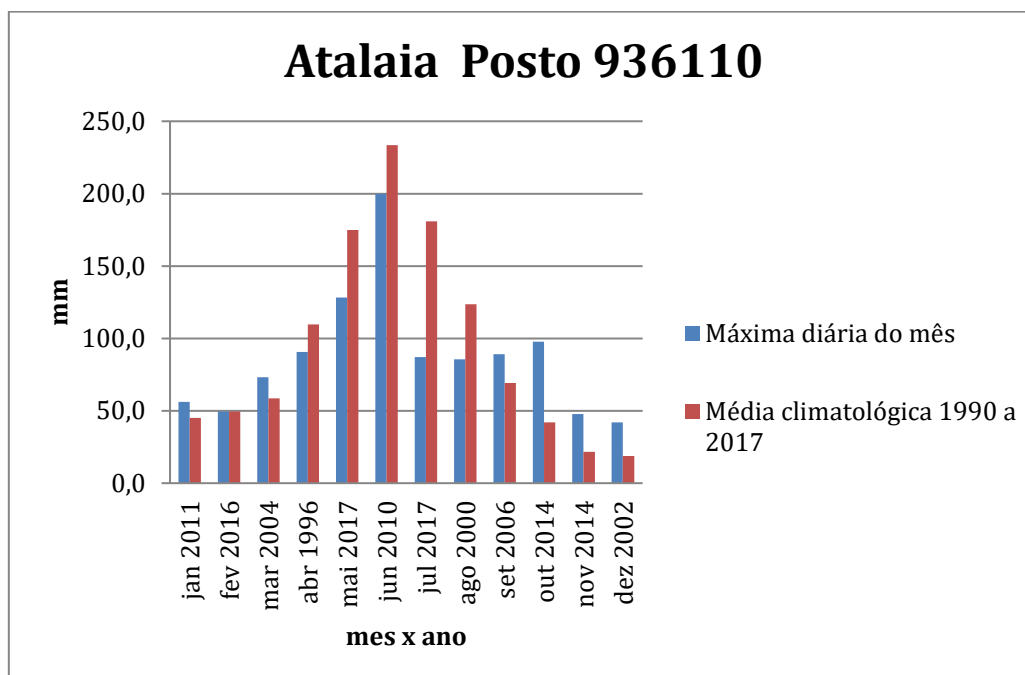


Figura 9 - Exemplo Explicativo dos gráficos com Valores das médias climatológicas e as máximas diárias registradas por mês no município de Atalaia–Estado de Alagoas.

A Figura 10 apresenta o mapa das chuvas médias anuais de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, gerado através de dados de precipitação dos vários órgãos de monitoramento do tempo e clima da região (SEMARH/AL, 2017; APAC/PE, 2017; CPTEC/INPE, 2017 e INMET, 2017). Os dados utilizados foram de uma série histórica de 21 anos, compreendidos entre os anos de 1990 a 2010. Será feito um novo mapa com os dados atualizados, para comparação.

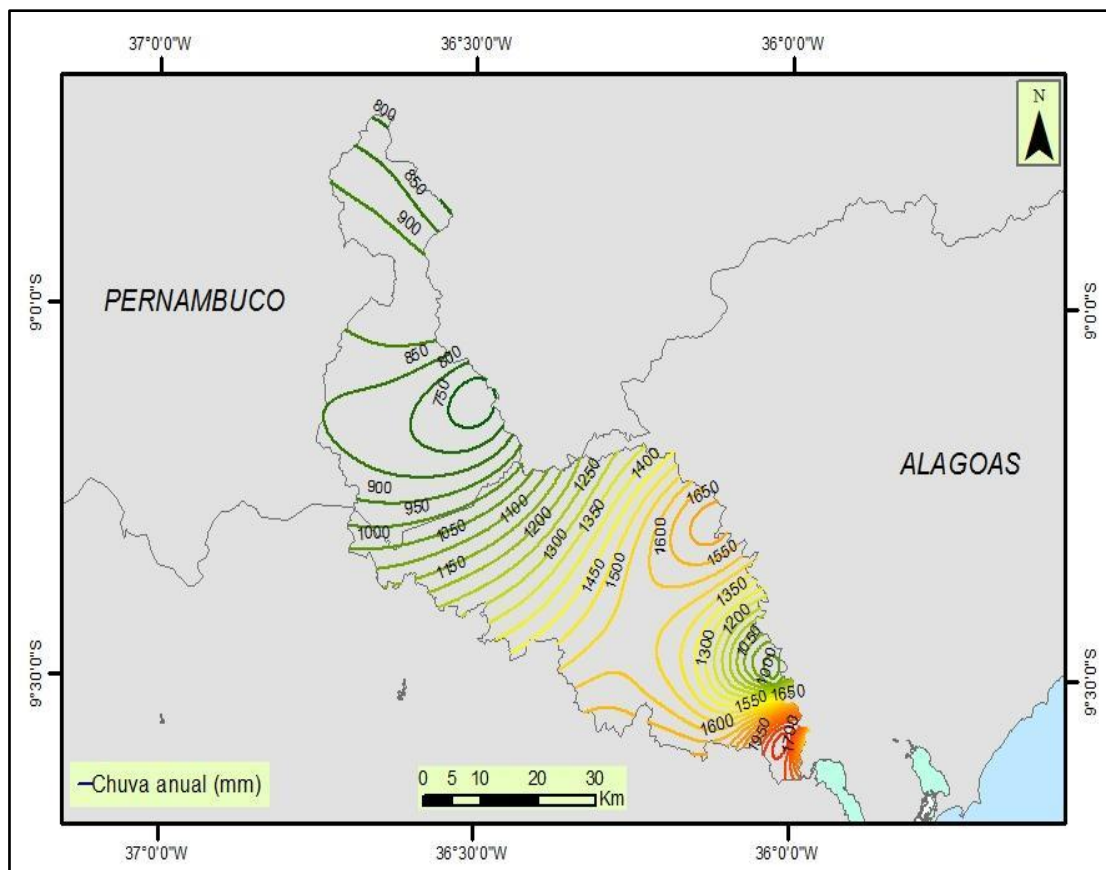


Figura 10 - Pluviometria média anual da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio.
Fonte: dados de chuva da APAC/PE; CPTEC/INPE, INMET e SEMARH/AL (2017).

Subetapa 1.1.2.3.2 Vazões máximas, médias e mínimas

O processo utilizado para as análises das vazões máximas, médias e mínimas foi semelhante ao tópico anterior. Foram feitos todos os cálculos de médias dos postos inseridos nos estados de Pernambuco e Alagoas (Figura 11 e Tabela 10) e suas comparações com os valores máximos diários para todos os postos selecionados para a análise conforme exemplo explicativo nas Figuras ___ (Pernambuco) e ___ (Alagoas). Os demais gráficos constam no banco de dados da pesquisa. Os gráficos servem para a visualização dos meses e anos onde foram registrados eventos extremos de vazão na região em estudo. Devido ao fato de o número de postos com dados de vazão ser bastante inferior aos dados pluviométricos, foram utilizados para a análise alguns postos pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

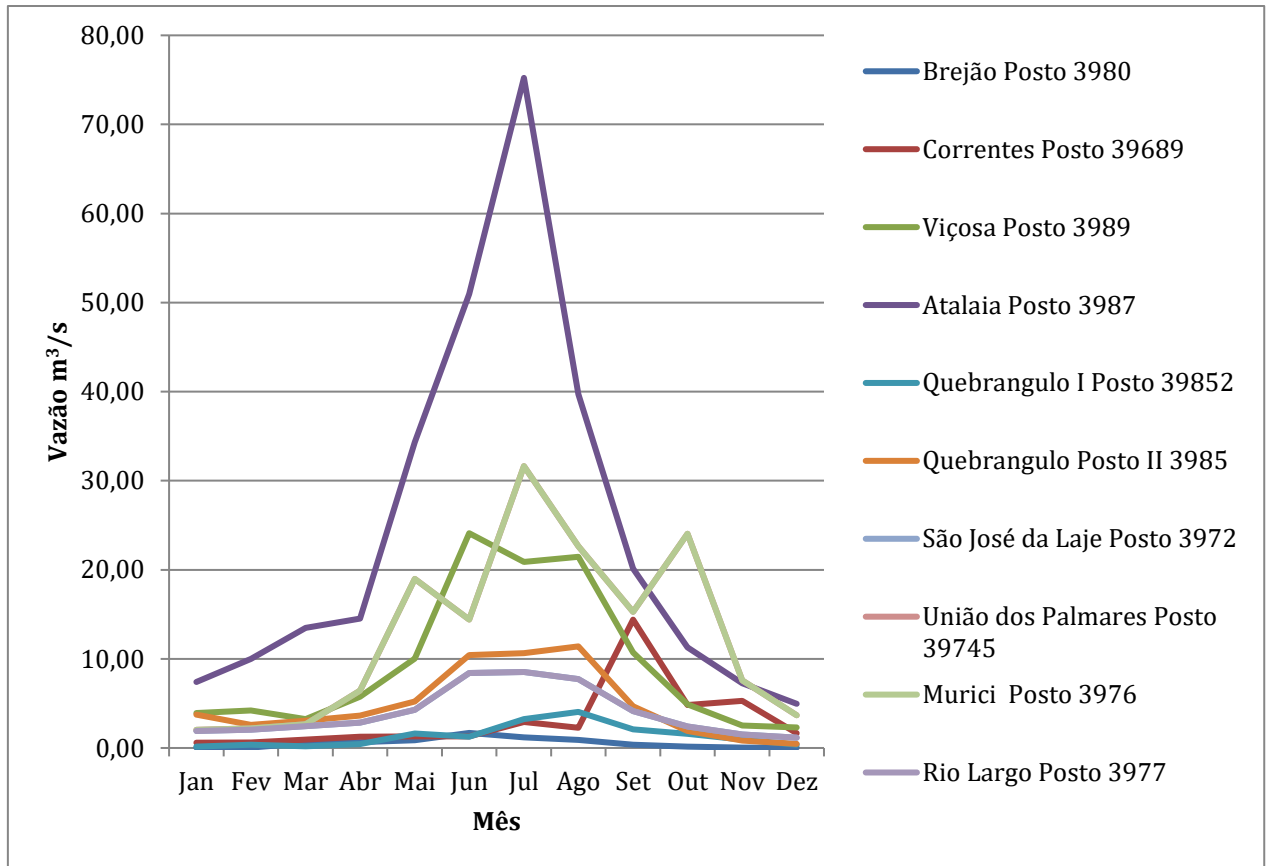


Figura 11 - Vazões médias dos municípios de Pernambuco e Alagoas.

Tabela 10 - Médias climatológicas mensais para os dados fluviométricos no estado de Alagoas.

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Brejão Posto 3980	0,03	0,04	0,56	0,66	0,87	1,69	1,20	0,90	0,36	0,16	0,05	0,03
Correntes Posto 39689	0,59	0,60	0,94	1,25	1,29	1,31	2,91	2,27	14,40	4,84	5,28	1,65
Viçosa Posto 3989	3,91	4,20	3,23	5,76	10,03	24,11	20,90	21,47	10,71	4,91	2,52	2,30
Atalaia Posto 3987	7,40	9,99	13,50	14,53	34,33	50,98	75,23	39,71	20,15	11,31	7,27	4,96
Quebrangulo I Posto 39852	0,15	0,38	0,2	0,44	1,63	1,26	3,25	4,05	2,07	1,6	0,94	0,35
Quebrangulo Posto II 3985	3,74	2,60	3,06	3,63	5,23	10,42	10,63	11,40	4,66	1,91	0,84	0,46
São José da Laje Posto 3972	1,91	2,05	2,45	2,86	4,29	8,40	8,53	7,72	4,13	2,42	1,51	1,16
União dos Palmares Posto 39745	2,04	2,18	2,67	6,45	18,98	14,43	31,64	22,645	15,27	24,07	7,60	3,68
Murici Posto 3976	2,04	2,18	2,67	6,45	18,98	14,43	31,64	22,645	15,27	24,07	7,60	3,68
Rio Largo Posto 3977	1,91	2,05	2,45	2,86	4,29	8,40	8,53	7,72	4,13	2,42	1,51	1,16

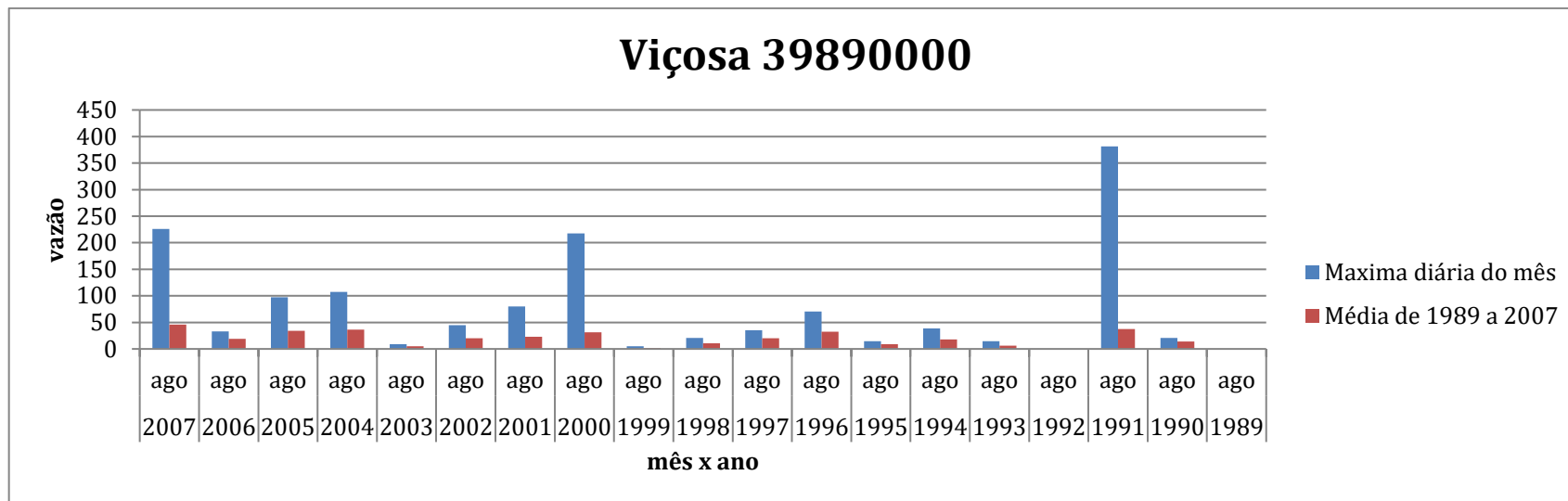


Figura 12 - Exemplo Explicativo dos gráficos com Valores das médias de vazão e as máximas diárias registradas por mês no município de Viçosa – Estado de Alagoas.

Subetapa 1.1.2.3.3 Curvas de permanência e vazões de referência

As curvas de permanência foram geradas através do programa Manejo de Dados, desenvolvido pelo IPH/UFRGS, e foram geradas para todos os postos analisados, juntamente com o cotagrama, conforme exemplo explicativo na Figura 13 e na Figura 14. Os demais gráficos constam no banco de dados de gráfico da bolsista. As vazões de referência foram geradas pelo software Manejo de Dados, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS. Estas vazões ainda estão sendo analisadas juntamente com o técnico Sr. José Gino de Oliveira, da SEMARH/AL. Devido a viagem a trabalho do mesmo, só poderá ser finalizado após o retorno da sua viagem, que será dia 03/10.

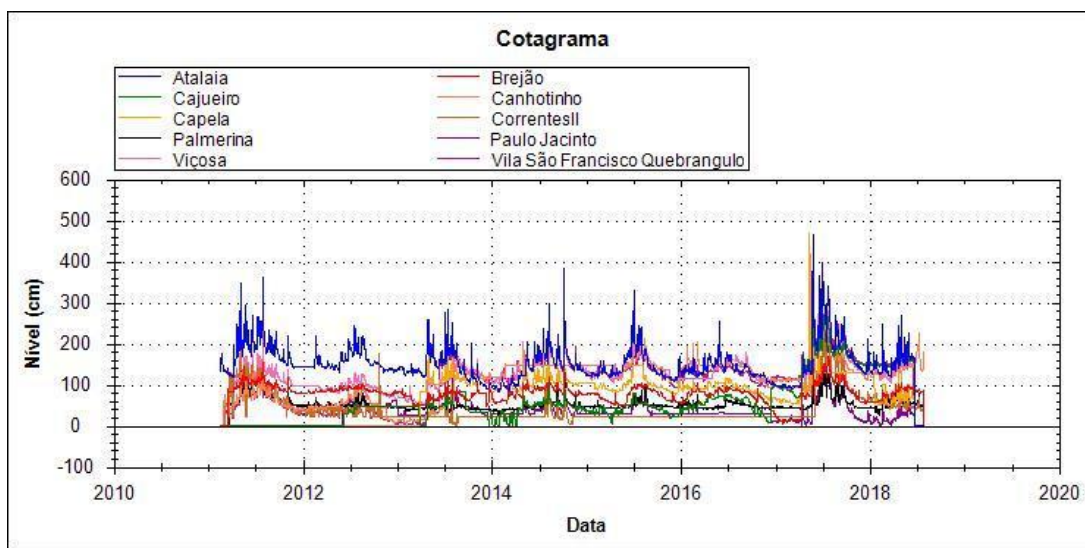


Figura 13 - Exemplo explicativo de um cotagrama com os dados de nível nos municípios de Pernambuco e Alagoas.

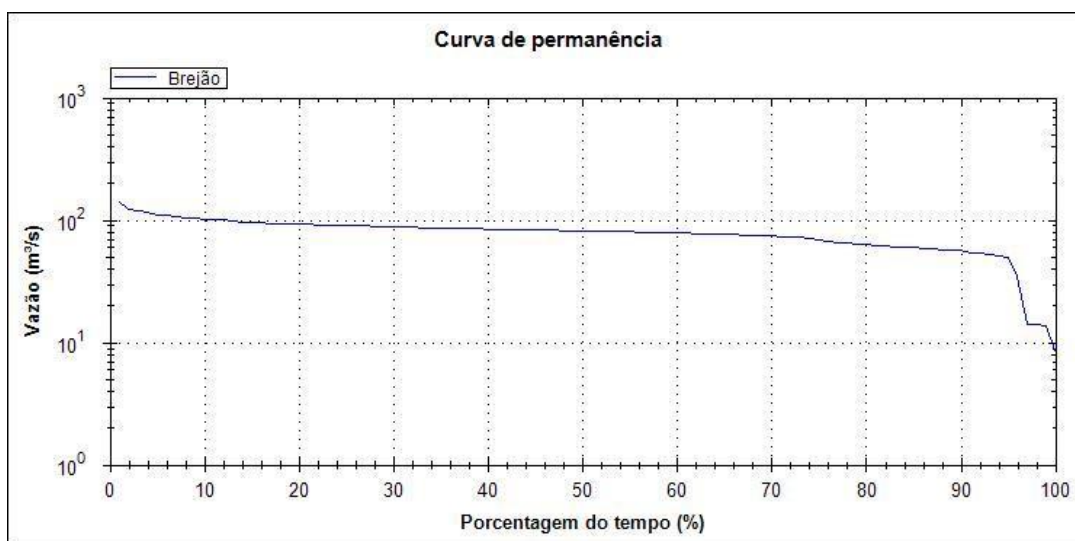


Figura 14 - Exemplo explicativo da curva de permanência para o município de Brejão, Estado de Pernambuco.

Subetapa 1.1.2.3.4 Curvas-chave

Foram solicitadas a ANA as curvas-chave dos postos hidrológicos estudados. Inicialmente foi enviado para o Técnico Vinicius Roman que se encontra em curso, fora da ANA. Ele indicou que fosse enviado um e-mail para a Sra. Andreлина, técnica da ANA. O e-mail foi enviado dia 12/09/18. A bolsista não obteve resposta da técnica indicada até a data presente. Por outro lado, a bolsista Anne Negrão participou de uma reunião com a Técnica Keyla Santos da CPRM. A Técnica indicou uma possível ajuda com relação a este tópico.

Subetapa 1.1.2.3.5 Perfil longitudinal

Este tópico ainda não foi realizado, sendo necessário a inclusão do mesmo para o próximo trimestre no cronograma de execução do plano de trabalho.

Subetapa 1.1.3 Levantamento das imagens de alta resolução da SEMARH/AL

Foram separadas as imagens de alta resolução da SEMARH/AL dos municípios que serão trabalhados inicialmente (Modelo Digital de Elevação; Modelo Numérico do Terreno; Delimitação da área em estudo e marcas de cheias levantadas pela empresa que fez o levantamento).

Subetapa 1.1.4 Dados de Uso e Ocupação do Solo

Esta subetapa está ainda em desenvolvimento, visto que as informações que estão disponíveis são antigas, e não condizem com a situação atual. De acordo com a necessidade para a utilização dos modelos hidrológico/hidráulico a serem trabalhados, a equipe de trabalho da SEMARH/AL dará o apoio necessário para a captação das informações.

Subetapa 1.1.5 Levantamento de eventos críticos de inundação

Os Estado de Alagoas e Pernambuco estão inseridos na Região Nordeste do Brasil, e apresentaram nas últimas décadas ciclos regulares de enchentes com várias mortes, destruição de parte de cidades, arrasando patrimónios públicos e privados. A primeira grande cheia que se tem registro é datada de 19 de maio de 1949 (Figura 15), durante a Semana Santa. Segundos relatos, choveu ininterruptamente durante quase 36 horas (G1 Noticias, 2013).



*Figura 15 - Enchente de 1949 no município de São José da Laje - Estado de Alagoas.
Fonte: G1 Notícias (2013).*

A seguir, serão listadas as maiores cheias que se tem registro no Estado de Alagoas. Vale ressaltar que as inundações de 1914 e 1941 não serão citadas, visto que não há informações suficientes sobre elas, tendo apenas a população mais antiga, informações a respeito delas.

CHEIA DE 1969

A inundação ocorrida no dia 14 de março de 1969   uma das mais lembradas pelos moradores do município de São José da Laje-AL, a 96,00 km de distância de Maceió. Naquele ano, o Rio Canhoto, afluente do Rio Mundaú, teve as suas águas extravasadas para o leito maior, sendo uma verdadeira "tromba d' gua". Foram registradas 400 mortes durante as 4 horas em que o trágico evento aconteceu na cidade, onde 1.200 casas ficaram totalmente destruídas e 10.000 pessoas foram diretamente atingidas. Na ocasião, o prefeito assinou um decreto que proibia a utiliza o das margens do Rio Canhoto para fins de moradia no perímetro urbano, sendo seguido durante o dec nio posterior ao ocorrido, fato que não se observa mais, pois a popula o voltou a ocupar as margens do rio. Em toda a região, 1.100 pessoas morreram no momento desta inunda o (SOUZA, 2011).

Diversos jornais da época registraram a catástrofe. A seguir estão listadas algumas das notícias que saíram impressas nos principais meios de comunica o da

época (jornais e revistas), visto que não existia os diversos meios de comunicação atuais.

NOTICIA 01 - REVISTA O CRUZEIRO

O Diário da Noite, do Rio de Janeiro estampou a seguinte manchete para informar sobre a tragédia: "Cadáveres boiam nas ruas". Naquela mesma noite caíram chuvas pesadas em Pernambuco, Paraíba e Ceará. No Vale do Rio Mundaú foram atingidas as localidades de Barra do Canhoto, em Pernambuco, e São José da Laje (Figura 16), Rocha Cavalcante, Santana do Mundaú, União dos Palmares, Branquinha, Murici, Messias, Rio Largo, Satuba e Maceió, no Estado de Alagoas. As águas vieram pelo Rio Canhoto, passaram em São José da Laje e um pouco abaixo recebeu as águas do Rio Inhaúma e foi se juntar ao Rio Mundaú em União dos Palmares, compondo um imenso volume d'água que veio provocando destruição até a Lagoa Mundaú, em Maceió, que sofreu inundações no bairro do Trapiche da Barra. Os técnicos avaliaram na época que o volume de água de 1969 era inferior ao da cheia de 1962. Os danos teriam sido ampliados por causa da destruição da barragem da Usina Serra Grande, que provocou a tromba d'água, arrasando a cidade e a própria usina, que era considerada a segunda maior de Alagoas e sofreu perdas materiais superiores a 4 milhões de cruzeiros novos, moeda da época. Só de açúcar essa perda foi de 100 mil sacas (HISTÓRIA DE ALAGOAS, 2016).



*Figura 16 - Enchente de 1969 no município de São José da Laje - Estado de Alagoas.
Fonte: HISTÓRIA DE ALAGOAS (2016).*

NOTICIA 02 - JORNAL DIÁRIO DE PERNAMBUCO

"Destruição causada pelas enchentes em Alagoas assume gigantescas proporções. São José da Laje é agora uma cidade que as águas riscaram do mapa. É impossível calcular-se o número de pessoas que morreram" (Figura 17) (JORNAL DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 1969).



Figura 17 - Tragédia em São José da Laje - Estado de Alagoas. Fonte: JORNAL DIÁRIO DE PERNAMBUCO (1969).

NOTICIA 03 - JORNAL DIÁRIO DE PERNAMBUCO

"Governo anuncia que 233 cadáveres foram encontrados até agora. Ainda chove em todo o Vale do Mundaú. " Na cidade de São José da Laje-AL as buscas continuam intensas, em meio a uma fedentina insuportável. Tal fato alertou as autoridades sanitárias para uma possível epidemia, mas a vacinação em massa, a farta distribuição de antibióticos e outras medidas preventivas afastaram essa hipótese. Apenas ocorreu um caso de tifo. Cerca de 10 mil pessoas já foram vacinadas contra vários tipos de doença" (Figura 18), (JORNAL DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 1969).



Figura 18 - Notícia da tragédia de 1969 no Rio Mundaú. Fonte: JORNAL DIÁRIO DE PERNAMBUCO (1969).

CHEIAS DE 1988 e 1989

Nos anos de 1988 e 1989, foram registrados também eventos de inundações nos Estados de Alagoas e Pernambuco, em especial nas Bacias Hidrográficas dos Rios Paraíba e Mundaú, porém, também com poucas informações.

No ano de 1988, 21 municípios do Estado de Alagoas foram atingidos pelas enchentes do mês de maio. Foram registradas 9.000 casas atingidas, sendo 4.000 totalmente destruídas. Houve atingimento de serviços essenciais de abastecimento de água, saúde, educação, energia elétrica, além dos danos provocados na infraestrutura viária de um modo geral (FRAGOSO JR. et al., 2010).

No ano seguinte, em julho de 1989, o fenômeno se repete com maior intensidade, atingindo 17 dos 21 municípios que constituem as Bacias Hidrográficas dos Rios Paraíba e Mundaú. Na ocasião, 14.600 casas foram atingidas, das quais 6.700 totalmente destruídas. O sistema viário foi extremamente afetado, sendo as principais estradas danificadas as rodovias ALs 101, 210 e 220 e as BRs 101, 104 e 316. No entanto, os maiores estragos se verificaram nas vias intermunicipais causando a destruição total ou parcial de centenas de quilômetros de estradas vicinais, pontes, pontilhões, etc. As vias urbanas, dezenas de prédios públicos e praças, foram duramente atingidos. Os custos estimados para a reconstrução da região foram de 200 milhões de dólares, na época. Ainda em 1989, o Distrito Industrial Luiz Cavalcante,

localizado na cidade de Maceió, passou pela fase mais crítica de sua história, com 26 indústrias seriamente atingidas pelas chuvas, provocando a paralisação de toda a atividade industrial por mais de três semanas (FRAGOSO JR. et al., 2010).

CHEIA DE 2000

Este severo evento de precipitação que atingiu os Estados de Alagoas e Pernambuco possui mais informações, inclusive com algumas análises meteorológicas das causas do evento.

As fortes chuvas ocorridas em Alagoas no final do mês de julho e início de agosto de 2000 provocaram nova catástrofe na região. Segundo o jornal Gazeta de Alagoas do dia 03/08/00 o número de mortes causadas pelas chuvas que caíram em Alagoas chegou a 36, principalmente na Região Norte e na Zona da Mata do Estado. De acordo com as informações divulgadas pela Coordenação da Defesa Civil no dia 02/08/00, o número de desabrigados passou de 70 mil. Em 26 municípios foi decretado estado de emergência. Dentre as cidades que registraram o maior número de vítimas no Estado de Alagoas estão Matriz do Camaragibe, com 15 mortos, Passo do Camaragibe, São Luiz do Quitunde e Rio Largo, com cinco mortes cada uma. Maceió e União dos Palmares registraram, cada uma, duas vítimas fatais das chuvas, enquanto que Satuba teve uma vítima. Oito pontes na Região Norte ficaram destruídas, deixando todos os municípios sem acesso por terra à capital. Outro fato verificado foram as epidemias de algumas moléstias de veiculação hídrica que atingiram as cidades. A incidência de sarampo, leptospirose, doenças infecto-contagiosas em geral, cresceram após as inundações (REIS et al., 2000).

CHEIA DE 2010

O Nordeste do Brasil foi marcado por uma anomalia climática no mês de junho do ano de 2010, onde um volume inesperado de chuvas assolou a região. As precipitações superaram o normalmente esperado para o mesmo período, principalmente entre os dias 16 e 20 do citado mês. Durante a ocorrência do evento, as Bacias Hidrográficas dos Estados de Pernambuco e Alagoas tiveram os seus níveis históricos de vazão superados devido à ininterrupta chuva que caiu em suas cabeceiras em território pernambucano, o que provocou uma elevação rápida da lâmina d'água dos rios e o conseqüente extravasamento dos seus leitos, levando a inundação de diversos municípios localizados ao longo das Bacias Hidrográficas dos referidos estados (SOUZA, 2011).

O evento causador desta grande cheia foi ocasionado por um típico sistema meteorológico que comumente ocorre na região Nordeste do Brasil denominado de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's), ou simplesmente "Ondas de Leste". Esses sistemas influenciam principalmente as áreas costeiras e não avançam muito para o interior da região (SANTOS, 2013).

De acordo com conceitos de SILVA (2005), este evento foi uma cheia e não uma inundação, uma vez que ocorreu num espaço urbano, apesar de o mesmo contar com algumas áreas verdes.

O DOL reconhecido no evento da cheia de 2010 foi de magnitude severa e sua ação totalizou seis (06) dias (15, 16, 17, 18, 19 e 20/06/2010), do seu início onde o tempo ficou instável por conta do seu deslocamento até os dias pós-evento, em que ainda apresentaram alguns períodos de instabilidade. O DOL apresentou suas primeiras características a partir das 05h00 do dia 17/06/2010, no entanto, já produzia tempo instável em dias anteriores (15 e 16/06/2010) (ALVES et al., 2013). As imagens do satélite GOES 12 (Figura 19) apresentam o DOL responsável pelo evento de chuva nos dias 17 e 18 de junho de 2010 em dois horários onde demonstraram a sua magnitude.

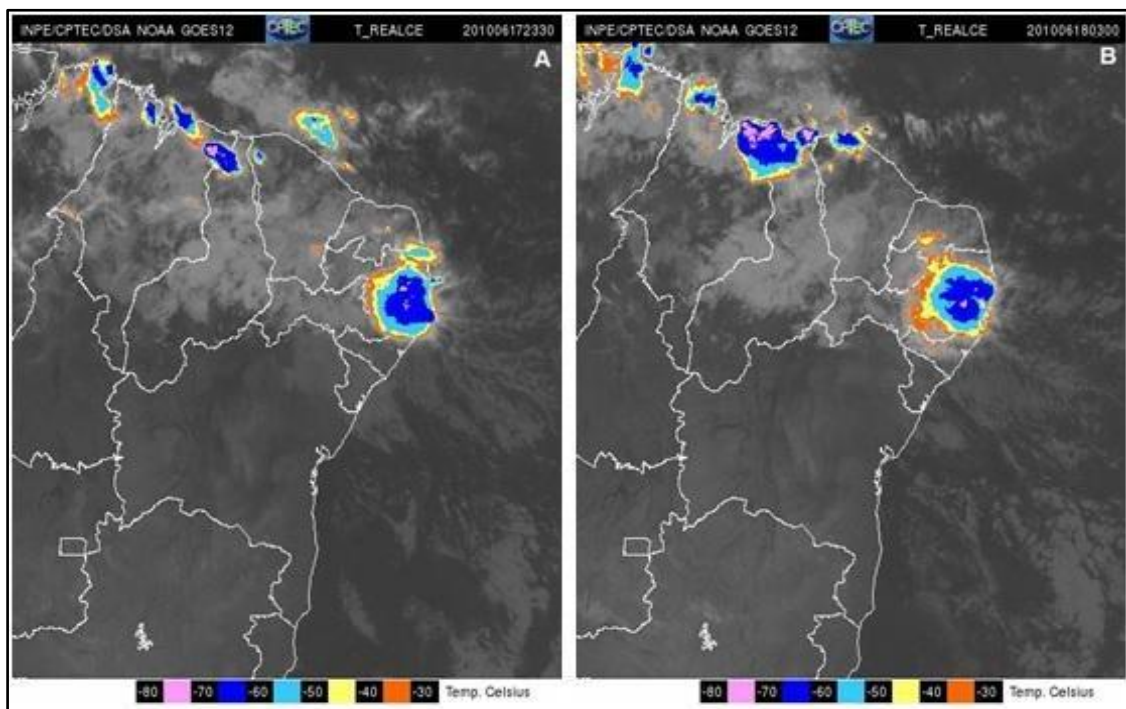


Figura 19 - Imagens do satélite GOES 12 com recorte da Região Nordeste do Brasil (A) dia 17/06/2010 (23:30 UTC). (B) dia 18/06/2010 (06:00 UTC). Fonte: CPTEC/INPE (2017).

Segundo o CLIMANÁLISE (CPTEC/INPE, 2010), para o mês de junho de 2010, o aumento da convergência de humidade em conjunto com a formação de DOL's, resultou em chuvas intensas no litoral da Região Nordeste. Em algumas áreas, os totais mensais excederam a média histórica em até 300,00 mm. Destacam-se as chuvas registradas no dia 05 em Maceió-AL (187,80 mm), no dia 18 nas cidades de Recife-PE (149,70 mm), Caruaru-PE (136,80 mm) e Surubim-PE (128,80 mm), conforme dados do INMET. Em Recife-PE o total mensal de precipitação atingiu 542,30 mm, ultrapassando a média histórica para o mês, de 369,20 mm. No final de junho de 2010 voltou a chover forte na costa Leste do Nordeste, com o registro de 142,70 mm em Maceió-AL, no dia 28/06/2010 (CLIMANÁLISE, 2010). A Figura 20 identifica a precipitação no mês de junho de 2010 no Estado de Alagoas.

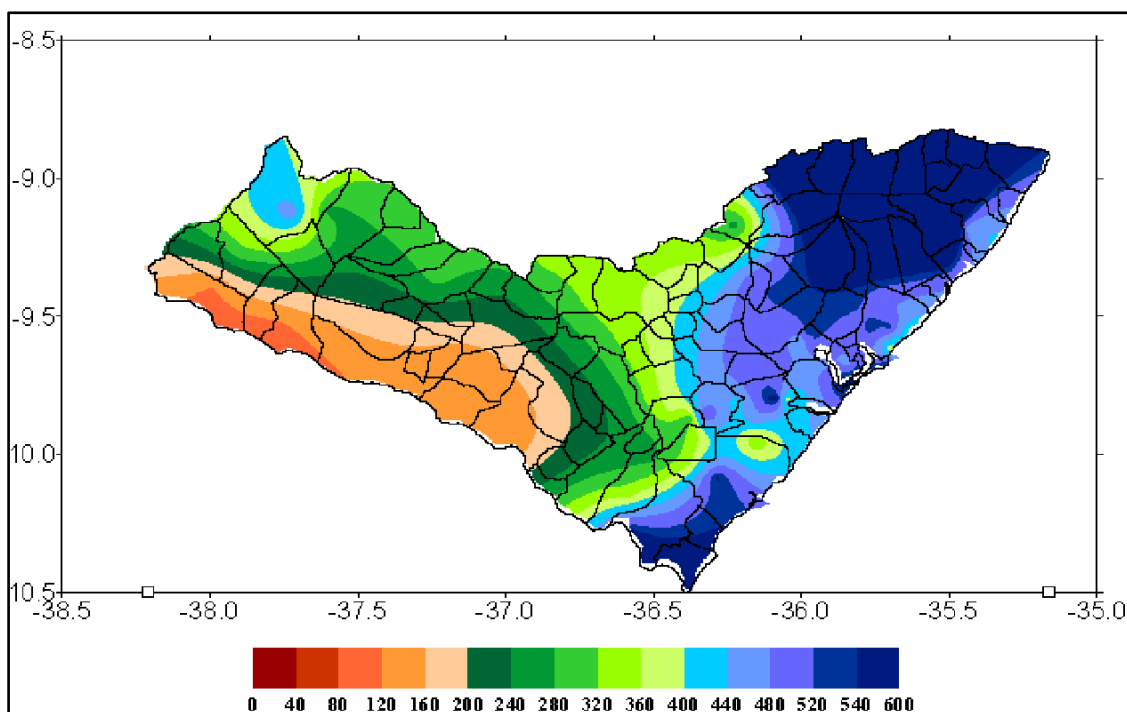


Figura 20 - Precipitação mensal (mm) para o mês de junho/2010 no Estado de Alagoas. Fonte: DMET/SEMARH (2010).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, o nível registrado na estação fluviométrica de Quebrangulo-AL, apresentou o valor de 3,40 m no dia 17/06/2010, e a partir deste dia apresentou falhas, não tendo sido registrado o nível máximo para o evento de junho de 2010, o que dificultou a análise dos dados para esta estação. No posto de Atalaia-AL, estação mais a jusante da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, o nível atingido do rio foi de 5,50 m, superado apenas pelas cheias dos anos de 1988 e 1989 (FRAGOSO JR. et al., 2010).

Na mesma velocidade das águas as especulações em busca das causas do evento catastrófico começaram a aparecer, também nos meios de comunicação e mesmo entre o burburinho popular nos locais afetados pelo evento. As informações hidrológicas para analisar o evento não chegaram com a mesma velocidade. A única estação fluviométrica em operação no Rio Mundaú (Fazenda Boa Fortuna - n.º 39770000) foi levada pela cheia às 21h00 do dia 18/06/2010, quando registrava a cota de 8,10 m, correspondente a uma vazão de $497,39 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Os dados de precipitação também levaram algum tempo para análise e consolidação (FRAGOSO JR. et al., 2010).

Na Bacia Hidrográfica do estudo, os dados da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) no município de Atalaia-AL (n.º 39870000) para o dia 18/06/2010 registraram uma cota máxima de 6,10 m. Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), para a situação do nível desta estação a cota com permanência de 95% é de 1,22 m e com 5% de permanência é de 2,39 m. A cota do evento de cheia apresentou uma elevação de 3,71 m em relação à cota de permanência em 5% das observações (OLIVEIRA, 2014).

Nos 03 (três) dias de chuvas mais intensas ocorridas nos dias 16, 17 e 18 de junho de 2010, a precipitação se deslocou do centro do Estado de Pernambuco (dia 16 - Figura 21-A) em direção às cabeceiras dos Rios Paraíba e Mundaú (dia 17 - Figura 21-B), e em seguida em direção ao centro das bacias hidrográficas (dia 18 - Figura 22-C), quando então perdeu intensidade (dia 19). O acumulado da precipitação de 03 (três) dias (Figura 22-D) em alguns pontos superou o valor de 250 mm. Houve para esta análise um grau de incerteza, pois os registros analisados foram de precipitação diária e com ausência de sincronia entre as medições dos Estados de Alagoas e Pernambuco (FRAGOSO JR. et al., 2010).

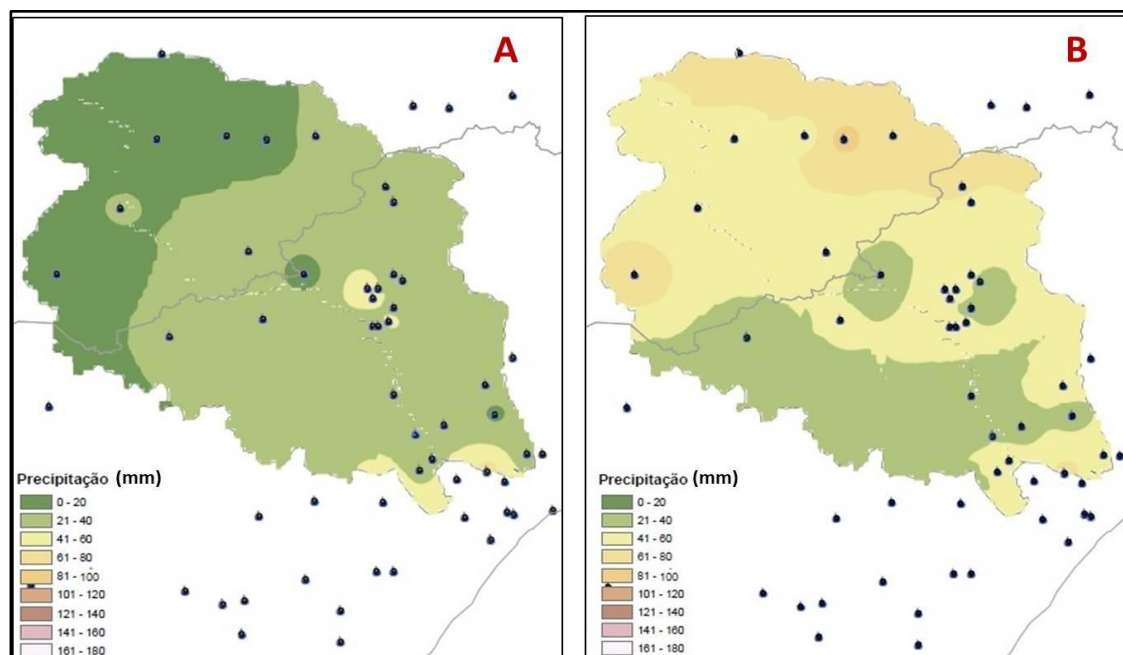


Figura 21 - Isoietas de precipitação (mm) nas Bacias Hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba para os dias: (A) 16 e (B) 17/06/2010. Fonte: FRAGOSO JR. et al. (2010).

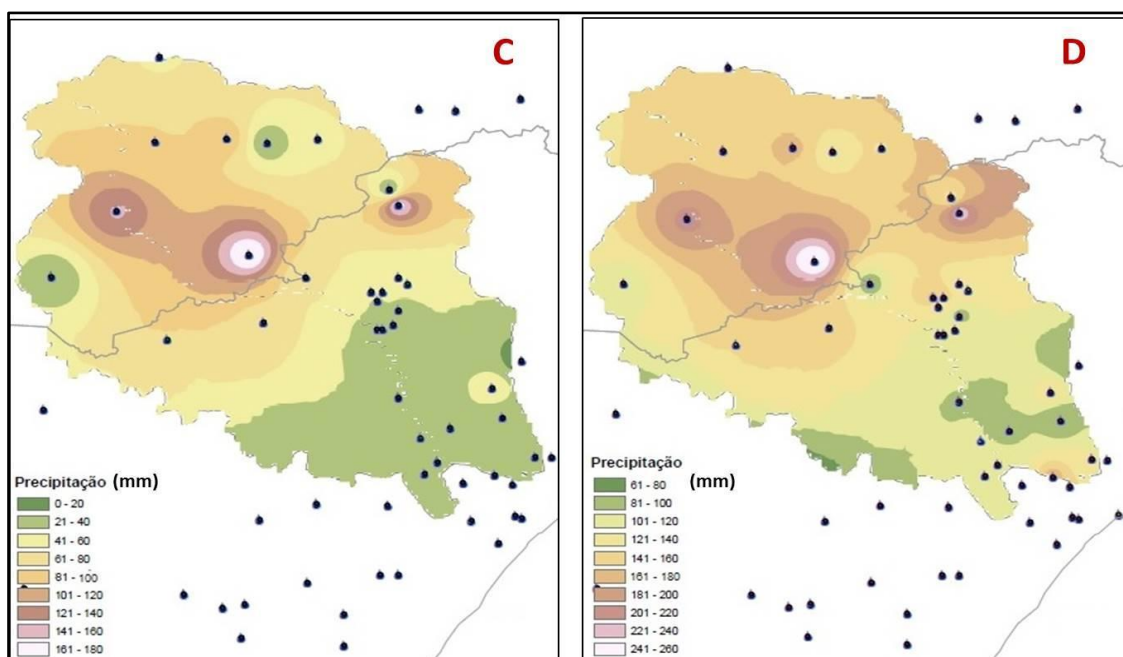


Figura 22 - Isoietas de precipitação (mm) nas Bacias Hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba para os dias. (C) 18/06/2010 e (D) chuva acumulada de três (03) dias. Fonte: FRAGOSO JR. et al. (2010).

Especialistas da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco (SRHE-PE), na busca por uma compreensão hidrológica preliminar do evento, apontaram diversas hipóteses para tamanho desastre, tais como: (a) saturação das bacias em consequência das chuvas ocorridas ao longo dos dias

anteriores ao evento, associada à baixa capacidade de infiltração da água em suas cabeceiras que possuem rocha cristalina aflorante com camada pouco espessa de solo; (b) as altas declividades na bacia, levando a altas velocidades das águas que potencializaram a destruição; (c) os açudes se encontravam cheios e com o aumento da chuva chegaram a verter; (d) as condições de assoreamento, a ausência da mata ciliar e a ocupação das margens dos rios implicaram no aumento acelerado dos níveis; (e) rompimento do açude da Nação no município de Bom Conselho-PE; (f) a ocupação desordenada da planície de inundação natural dos rios agravaram as consequências, atingindo as populações e infraestruturas ribeirinhas (GUIBU, 2010; FRAGOSO JR et al., 2010b apud OLIVEIRA, 2014).

FREIRE et al., (2014) comentaram que segundo levantamento da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), entre os municípios atingidos, em 34 deles foram decretadas situação de emergência e em 26 foram decretados estado de calamidade pública. O número de óbitos foi de 46 e desaparecidos 69, sendo afetados 337.745 habitantes. As maiores destruições foram constatadas nos meios físicos com a destruição de residências, estradas, estruturas (pontes, barragens), plantações e indústrias, chegando a 157.124 desabrigados/desalojados. Os municípios de Murici-AL, Rio Largo-AL, Branquinha-AL, União dos Palmares-AL e Santana do Mundaú-AL foram seriamente afetados pela inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú e os municípios de Quebrangulo-AL e Paulo Jacinto-AL foram afetados pela inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. De acordo com o Relatório de Avaliação de Perdas e Danos, aproximadamente 270 mil pessoas foram atingidas, das quais 44 mil ficaram desalojadas e 28 mil desabrigadas.

No Estado de Alagoas, os custos diretos e indiretos foram da ordem de R\$ 1,85 bilhões (US\$ 3,071 bilhões) o que refletiu um alto impacto quando comparado à economia do estado. Em termos gerais, o custo total estimado foi da ordem de 8% do Produto Interno Bruto (PIB) de Alagoas. Complementarmente, a grande proporção de perdas e danos ao setor privado (67%) apontou para morosos e difíceis processos de recuperação do setor pós-desastre (BANCO MUNDIAL, 2012).

De forma similar ao desastre ocorrido no Estado de Pernambuco, o setor mais impactado foi a habitação que respondeu a 59% dos custos totais. Foram estimados custos de R\$ 241 milhões (US\$ 400,06 milhões) ao setor de transportes, no qual grande parte se refere a perdas e danos no setor público. Complementarmente, o setor privado reportou danos da ordem de R\$ 55 milhões (US\$ 91,3 milhões) na ferrovia Transnordestina. Por fim, o setor de educação foi direta e indiretamente afetado com

danos à infraestrutura das escolas (prédios e equipamentos), bem como perdas pela impossibilidade de continuidade das atividades escolares. (BANCO MUNDIAL, 2012). Da Figura 23 até a Figura 33 são apresentadas imagens da inundação de 2010 em alguns municípios das Bacias Hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba.



Figura 23 - Município de União dos Palmares-AL. Rio Mundaú. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 24 - Município de União dos Palmares-AL. Rio Mundaú. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 25 - Município de Rio Largo-AL. Rio Mundaú. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 26 - Município de Murici-AL. Rio Mundaú. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 27 - Município de Capela-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 28 - Município de Quebrangulo-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 29 - Município de Quebrangulo-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 30 - Município de Viçosa-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 31 - Município de Viçosa-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 32 - Município de Atalaia-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).



Figura 33 - Município de Atalaia-AL. Rio Paraíba. Fonte: SEMARH/AL (2010).

Subetapa 1.1.6 Levantamento de dados de previsão de precipitação

Foi discutido com o técnico Vinicius Pinho, da Sala de Alerta da SEMARH, que este levantamento de dados de previsão de precipitação não seria necessário nesta etapa do trabalho, e sim apenas quando os modelos hidrológico e hidráulico estiverem sendo testados, para seus resultados serem confrontados com as previsões de precipitação. O levantamento das previsões será feito diretamente na Sala de Alerta, que apresenta todos os dados necessários para esta parte da pesquisa.

Subetapa 1.2 Análise de consistência e preenchimento de falhas

Este tópico já foi explicado no 2.2 Metodologia de análise de dados.

Subetapa 1.3 Compilação e integração dos dados

Todos os dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa estão disponibilizados em formatos excel e txt, assim como os gráficos que foram gerados para o desenvolvimento desta primeira etapa do trabalho de pesquisa. Ainda é necessário preparar os dados para entrada no HEC-DSS.

Subetapa 1.4 Seleção dos municípios a serem trabalhados

Após a visita de campo (tópico a seguir), e de acordo com as regiões que apresentam dados horários de precipitação e vazão, necessários para o desenvolvimento dos modelos hidrológico e hidráulico, foram selecionados os seguintes municípios para o desenvolvimento desta pesquisa: Quebrangulo (Vila São Francisco); Viçosa; Cajueiro; Capela e Atalaia. Não será selecionado nenhum município no estado de Pernambuco, visto que eles estão inseridos em uma zona do Agreste/Semi-árido do estado, onde não apresenta risco de inundações. Inicialmente serão trabalhados os seguintes municípios: Quebrangulo (Vila São Francisco); Viçosa e Atalaia, devido a maior quantidade de dados horários.

Subetapa 1.5 Visitas de campo

Nos dias 18 e 19 de setembro de 2018, foram feitas viagens de campo para as regiões ribeirinhas dos municípios do Rio Paraíba do Meio. O grupo foi composto pelos técnicos da SEMARH/AL, José Gino de Oliveira e Vinicius Pinho; do Coordenador Geral do Projeto, Antenor Filho, e das bolsistas do projeto, Anne Caroline Negrão e Fabiana Carnaúba. No 2º dia de viagem o Coordenador Regional de Defesa Civil responsável pelo Vale do Paraíba, Massilon Mendes, integrou o grupo no lugar de Vinicius Pinho, sendo de extrema importância devido a sua experiência e repasse das informações da grande cheia de 2010 na região em estudo.

Os municípios visitados no primeiro dia foram Quebrangulo, Paulo Jacinto e Viçosa. No segundo dia foram visitados os municípios Cajueiro, Capela e Atalaia. Fomos recebidos pelos órgãos dos municípios, que indicaram representantes que nos acompanharam para as visitas nas beiras do rio principal, onde tivemos a oportunidade de coletar informações com a população local sobre o avanço das últimas inundações nas regiões. Muitos moradores nos reportaram os problemas gerados com as inundações, não apenas com o avanço das áreas inundáveis, mas também com os danos materiais e o temor na época de inverno, quando há eventos fortes de precipitação. Percebemos a preocupação dos gestores com a conscientização da população, devido a necessidade de remoção de várias famílias que habitam as margens do rio durante eventos extremos. Também observamos os problemas de gestão urbana em alguns municípios, uma vez que, mesmo com a disponibilização de moradias para realocação da população, algumas moradias localizadas em áreas de risco e destruídas durante as inundações foram, ou estavam sendo, reconstruídas e a população acabava retornando para essas áreas.

Essa primeira viagem teve o principal foco em reconhecer as áreas de risco à inundação dos principais municípios afetados. Ela foi realizada no fim da época chuvosa e o rio encontrava-se seco. Por isso, seria interessante realizar outra viagem preferencialmente na época do inverno. Essa outra viagem também poderia percorrer a bacia até sua cabeceira para observar o uso do solo e a mudança climática e topográfica. Porém, é provável que não haja tempo hábil antes do término do projeto. Será necessário aguardar o início da próxima estação chuvosa para se tomar esta decisão.

As demais informações coletadas durante a viagem de campo ainda estão sendo processadas e serão apresentados no relatório de prestação de contas sobre a viagem.

3.3- Dentre os resultados obtidos, qual(is) deles indica que o objetivo da pesquisa será futuramente alcançado? Explique.

Com os dados levantados até o momento já é possível realizar algumas simulações hidrológicas, mesmo em uma configuração mais simples do modelo. Como a configuração do HEC-HMS é flexível podemos começar com um modelo mais simples e aumentando sua complexidade conforme a disponibilidade de dados. Vale ressaltar que, o período de dados horários é muito restrito, podendo prejudicar nas calibrações iniciais. Porém, a intenção é que, com o passar dos anos, a ferramenta desenvolvida seja alimentada com mais dados horários e os resultados melhorem com o tempo.

A boa qualidade e resolução do Modelo Digital de Elevação irá permitir simulações hidráulicas com o HEC-RAS, que poderá ser calibrado considerando os históricos de eventos extremos de inundação levantados e as observações durante a viagem de campo.

3.4- Com base nos resultados obtidos nesses três meses de pesquisa, qual a sua análise sobre o progresso/andamento da sua pesquisa? Está a contento?

Pequenos atrasos no levantamento e processamento dos dados foram encontrados devido ao grande volume de informações provenientes de fontes e formatos diversos. Entretanto, essa primeira etapa é mais trabalhosa e espera-se que com uma base de dados bem estabelecida as etapas de simulação fluam mais facilmente.

4. CONTINUIDADE DA PESQUISA - PRÓXIMOS PASSOS

4.1- Em dezembro haverá a apresentação do relatório parcial da pesquisa, relativo a seis meses de trabalho. Qual a sua expectativa em termos de progresso da ferramenta que está sendo desenvolvida?

O projeto está ainda no início. Esta primeira fase foi apenas para a separação dos dados que serão utilizados nos modelos a serem trabalhados, e para o conhecimento por parte da bolsista especialista da área que vai ser estudada. Na apresentação, após os seis meses, de acordo com o cronograma de execução da pesquisa, é provável que já se tenha uma melhor visão do produto finalístico a ser apresentado. Apesar de o plano de trabalho estar muito extenso, e haver uma preocupação por parte de ambas as bolsistas no desenvolvimento de todos os itens apresentados, há uma boa expectativa no desenvolvimento do produto apresentado originalmente, devido a vários fatores, principalmente a equipe envolvida no projeto. Os técnicos da SEMARH/AL não estão medindo esforços para acompanhar e ajudar no desenvolvimento dos trabalhos propostos, assim como a bolsista especialista. A equipe que está dando suporte é multidisciplinar, e possui bastante conhecimento nos municípios que serão trabalhados, devido a inúmeras viagens de campo que já foram feitas anteriormente, para as manutenções preventivas e corretivas da rede de monitoramento de Alagoas.

Apesar de a bolsista local já ter desenvolvido sua Tese de Doutorado para a mesma área que está trabalhando neste projeto, os dados a serem utilizados serão diferentes, visto que na tese foram trabalhados dados diários, e neste projeto de pesquisa serão trabalhados dados horários, de extrema importância para o desenvolvimento de um sistema de previsão de cheias. Apesar de o prazo para o desenvolvimento do produto finalístico ser apertado (01 ano), o projeto está sendo desenvolvido a contento, e com todo o suporte necessário para o sucesso dos seus resultados.

Pretende-se até dezembro realizar as seguintes atividades:

- Inclusão dos dados no HEC-DSS e finalização da consistência;
- Determinação das configurações do HEC-HMS e início das primeiras simulações;

4.2- Quais os dados ainda se fazem necessários para se atingir o progresso descrito acima?

Para auxiliar a consistência dos dados de vazão, estamos no aguardo das curvas-chaves solicitadas para a ANA. Demais informações irão depender do desenvolvimento da pesquisa. A bolsista especialista fez um bom contato com técnicos da CPRM que poderão ser úteis nos problemas apresentados com os modelos hidrológicos e hidráulicos que serão trabalhados. Os técnicos da ANA também poderão ser úteis nos problemas apresentados, visto que grande parte dos dados que serão trabalhados nos modelos fazem parte da sua rede de monitoramento.

Dependendo da configuração do modelo hidrológico a ser trabalhado, o que será resolvido a partir das próximas ações, de acordo com os testes que serão feitos, para indicar qual configuração se adaptará melhor às condições locais, assim como aos tipos de dados disponíveis, é que teremos uma posição do que será necessário.

4.3- Que tipo de suporte da Coordenação você necessita para lhe auxiliar nas próximas etapas?

Atualmente, a bolsista local está tendo todo o suporte necessário para o desenvolvimento da pesquisa. Tanto por parte da Coordenação Geral, que não mede esforços para tirar todas as dúvidas que estão surgindo (utilização de cartão, preenchimento de formulários, etc), quanto por parte da bolsista especialista do projeto. A vinda do Coordenador Geral do Projeto Antenor de Jesus e da bolsista Anne Caroline Negrão a Alagoas foi de suma importância. Primeiramente pelo fato de eles terem conhecido o ritmo de trabalho da equipe multidisciplinar que está auxiliando no desenvolvimento do projeto (técnicos da SEMARH), e também pelo fato de terem conhecido as áreas que serão trabalhadas, facilitando o entendimento futuro do desenvolvimento da pesquisa de acordo com o município a ser pesquisado.

De acordo com os problemas que irão aparecendo, a bolsista entrará em contato com a Coordenação Geral do Projeto para que sejam resolvidos o mais rápido possível os impasses, para que não haja nenhum entrave no desenvolvimento do projeto proposto neste plano de trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COTEC – Consultoria Técnica LTDA. Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Paraíba, Sumaúma e Remédios. 108p. 2001. Recife-Pernambuco.

APAC. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUA E CLIMA. HIDROWEB. Índices de Precipitação e Vazão. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>

BARROS, A.H.C. Território Mata Sul Pernambucana. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Recife/PE, Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html>

GAMA, W. M. *Estimativa das Mudanças Climáticas na resposta hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio (AL/PE)*. 2013.115p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, Brasil.2013.

MEDEIROS, F.C. *Estudo das Propriedades Físicas do Solo na Parametrização de Modelos Hidrológicos visando a Prevenção de Desastres Naturais na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba no Estado de Alagoas, Brasil*. 2017. 455p. Tese de Doutorado - Universidade de Évora - Portugal

MOLION, L.C.B., BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro-RJ, v.17 n.1 01-10, 2002. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/327219140/Uma-revisao-da-dinamica-das-chuvas-no-Nordeste-brasileiro-pdf>>

RADAMBRASIL. Projeto. Uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DIPUB, 1983. p. 653-852. (LRN, Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife, Vol. 30).

RODRIGUES, M.T. *Acoplamento do modelo hidrológico MGB ao modelo atmosférico WRF visando estimar vazão na Bacia do Rio Paraíba do Meio - AL/PE*. 2012.103p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Alagoas, Brasil, 2012.

SEMARH/AL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas. Fotografias da cheia ocorrida em 2010. Dados fornecidos a pedido da Autora. Maceió, AL - Brasil. 2010.

SEMARH/AL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas. Imagens de Alta Resolução e relatórios complementares da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Dados fornecidos a pedido da Autora pelo Engenheiro Civil José Gino de Oliveira. Maceió, AL- Brasil. 2015.

SEPLAN. Secretaria de Planejamento de Alagoas. Estudos das Características Físicas e Socio-Econômicas da Bacia do Rio Paraíba. Maceió/AL. 1999.

XAVIER, A.C.; KING, C.W.; SCANLON, B.R. (2016). Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). International Journal of Climatology. DOI: 10.1002/joc.4518.